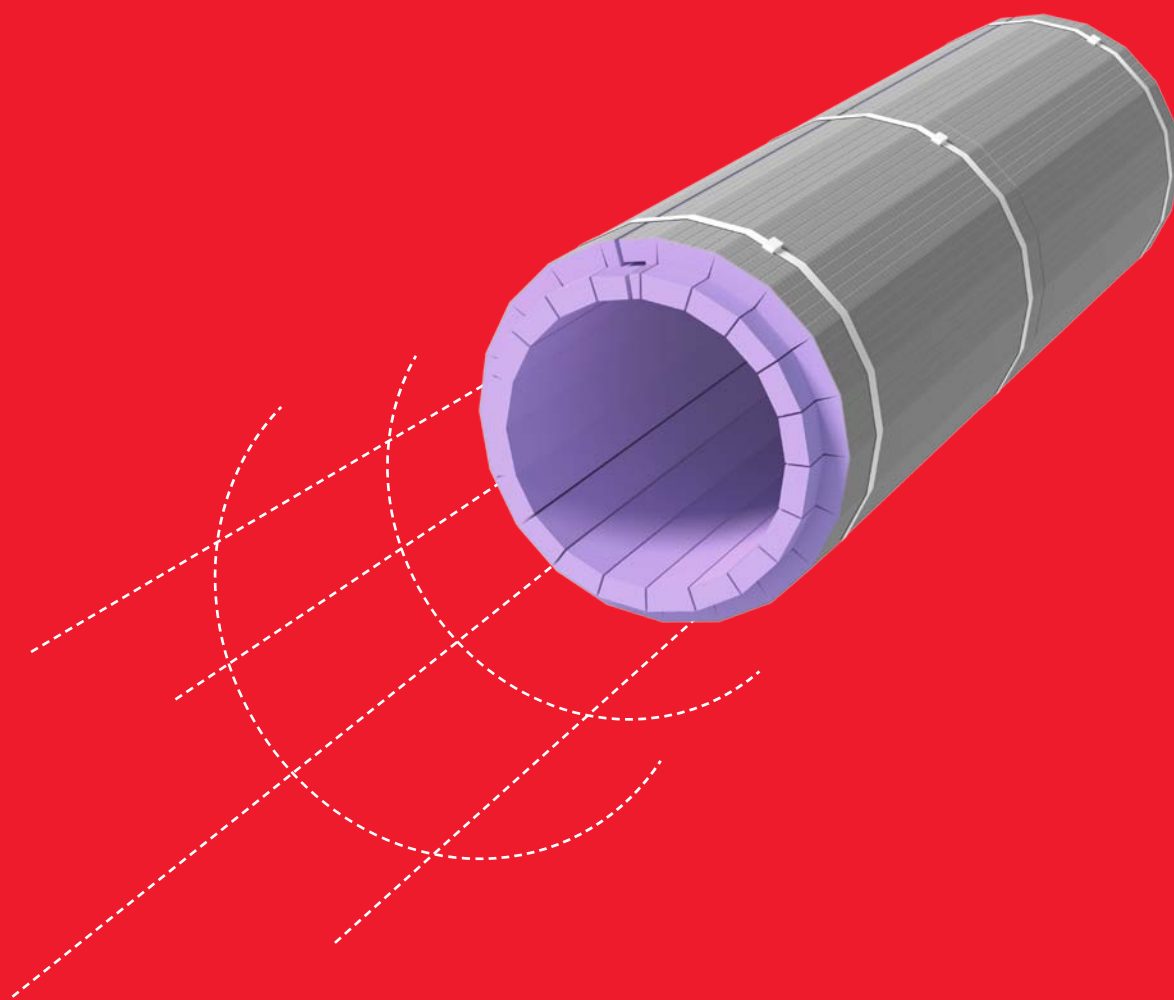


АЛЬБОМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

ТHERMIT SP ROLL



ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИЙ
модуль для труб

Содержание

I.	Введение	4
II.	О компании	5
III.	О материале	6
IV.	Области применения	8
V.	Регламент производства работ с плитами THERMIT SP ROLL	9
VI.	Инструменты и материалы	12
VII.	Расчетный алгоритм определения толщины изоляции трубопроводов с целью предотвращения замерзания содержащейся в них жидкости	13
VIII.	Расчетный алгоритм определения толщины изоляции трубопроводов при бесканальной однострубной прокладке (в грунте)	26
IX.	Расчетный алгоритм определения толщины изоляционного слоя с целью предотвращения конденсации влаги из воздуха на поверхность изоляции	32
X.	Расчетный алгоритм определения толщины изоляционного слоя для резервуаров	36
XI.	Расчетный алгоритм определения толщины изоляции ограждений холодных установок по заданному коэффициенту теплопередачи	39
XII.	Узлы	43
XIII.	Сертификаты	55

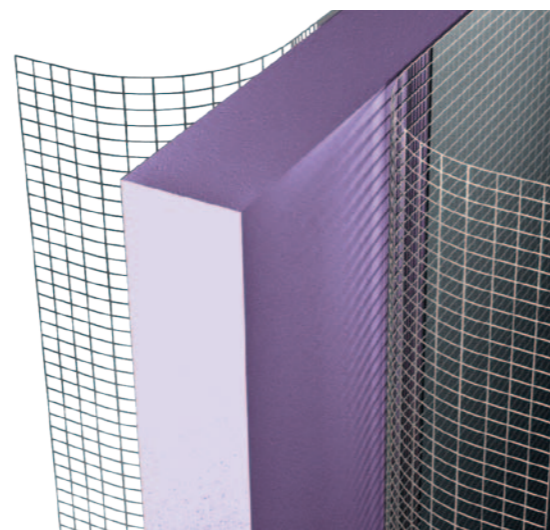
I. Введение



Техническая изоляция в условиях Российского климата является насущной необходимостью. Она должна быть качественной и выполнять поставленные перед ней задачи. Максимальный эффект может быть достигнут только при использовании высокоэффективной теплоизоляции, удовлетворяющей всем требованиям нормативных документов.

Строительная плита THERMIT SP ROLL (THERMIT SP) — современный композитный материал, покрытый полимерцементным составом и армирующей сеткой.

В основе THERMIT SP ROLL лежит эффективный утеплитель — экструдированный пенополистирол. Он сочетает в себе конструктивную жесткость, влагонепроницаемость, малый вес, химическую устойчивость и высокие теплоизоляционные свойства. Сово-



купность всех этих свойств обеспечивает длительный срок службы, экологическую чистоту, эстетический вид, минимизацию разрушительного воздействия внешних факторов и т. д.

Таким образом, плиты THERMIT SP и THERMIT SP ROLL идеально подходят для использования их в качестве технической изоляции, применение которой является наиважнейшей задачей в области ЖКХ, промышленного производства, сельского хозяйства и т. д.

Для грамотного решения этих задач создан данный альбом, в котором содержатся регламент производства работ со строительной плитой, монтажные узлы, приведены алгоритмы подбора теплоизоляции и примеры выполнения теплотехнических расчетов.



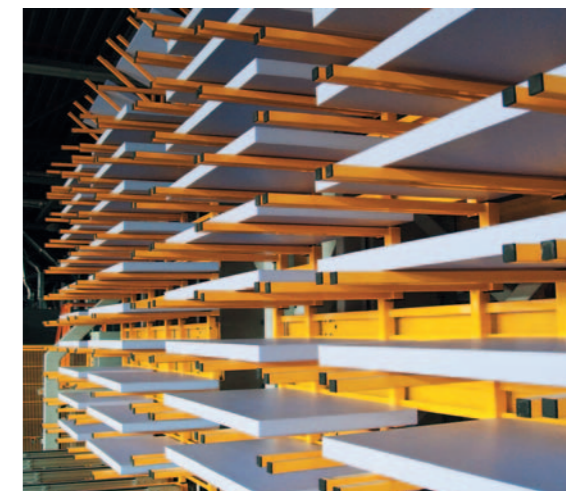
II. О компании

Красноярский завод THERMIT — единственное в Красноярском крае производство эффективной теплоизоляции из экструдированного пенополистирола (XPS).

Завод в Красноярске введен в эксплуатацию в октябре 2007 года. Теплоизоляция THERMIT заслужила медали строительных выставок в Красноярске, Новосибирске, Иркутске, Хакасии, Тыве.

Удобное расположение в черте города Красноярска, наличие подъездных железнодорожных путей и складов для поддержания неснижаемого остатка продукции являются большим преимуществом завода THERMIT. С запуском завода любой объем теплоизоляционных плит из экструдированного пенополистирола стал доступен непосредственно с завода в Красноярске. Теперь строители всего Сибирского федерального округа: Красноярского края, Хакасии, Тывы, Новосибирской, Кемеровской, Иркутской областей — могут широко применять теплоизоляцию THERMIT любых типоразмеров, не опасаясь сбоев поставки.

С 2010 года завод THERMIT расширил линейку выпускаемых строительных материалов. Запущено производство строительных плит THERMIT SP и сэндвич-панелей THERMIT S. Для этого была проведена реконструкция завода. В 4 раза расширены производственные площади. Спроектирована и изготовлена технологическая линия по производству строительных плит THERMIT SP — экструзионных пенополисти-



рольных плит с нанесением армирующей сетки и полимерцементного состава. Приобретена полностью автоматизированная немецкая линия ламинации для производства сэндвич-панелей THERMIT S.

В 2011 г. была запущена вторая линия для производства строительной плиты THERMIT SP, что позволило увеличить мощности завода по ее производству в два раза.

Сегодня на заводе THERMIT используется современное европейское оборудование, внедрены новейшие технологии производства. Процесс изготовления эффективной теплоизоляции полностью автоматизирован от подачи сырья до упаковки готовой продукции.

Завод THERMIT — это дружный и сплоченный коллектив из 200 сотрудников, многие из которых работают со дня основания компании и с каждым днем все больше гордятся своей работой.

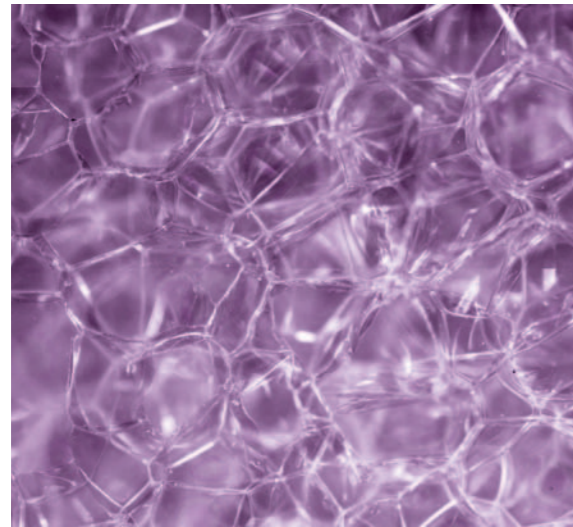
THERMIT — это предприятие с огромным опытом работы, имеющее репутацию ответственного и серьезного партнера, который всегда выполняет обязательства и соблюдает сроки.

THERMIT — эффективные решения, технологии и материалы для тех, кто строит будущее, расширяет жизненное пространство и ценит время.

Мы будем рады познакомить вас с подробной информацией применения продукции THERMIT, примерами и фотографиями на нашем сайте www.thermit.su.



III. О материале



Строительная плита THERMIT SP ROLL является разновидностью THERMIT SP и выпускается на ее основе. Отличительной особенностью THERMIT SP ROLL является наличие надрезов, нанесенных в заводских условиях, что позволяет плите огибать различные криволинейные поверхности.

Строительные плиты THERMIT SP ROLL (THERMIT SP) изготовлены из экструзионных пенополистирольных плит (THERMIT XPS) с нанесением армирующей стекловолоконной сетки и полимерцементного состава, что и определяет их свойства.

Экструдированный пенополистирол THERMIT XPS — эффективный утеплитель, полученный методом экструзии. Метод экструзии позволяет получить из исходного сырья (полистирола) и специальных добавок однородную микроструктуру с закрытыми непроницаемыми ячейками, которые заполнены воздухом. Такая структура обеспечивает материалу низкую теплопроводность, устойчивость к влажности и высокую прочность.

Армирующая сетка из стекловолокна, пропитанного щелочестойкими составами, позволяет плитам THERMIT SP ROLL (THERMIT SP) противостоять ветровым и гидротермическим нагрузкам. Сетка



(размер ячеек 5x5 мм) эластична и прочна на разрыв, имеет плотность не менее 150 г/м².

Полимерцементный состав, покрывающий строительные плиты THERMIT SP ROLL (THERMIT SP), обладает пластичностью, дающую возможность выполнения из плиты конструкций любых радиусов, сохраняя при этом наружную поверхность ровной и прочной. Сетка исключает образование трещин на поверхности, коррозию цементного камня.



Физико-механические свойства строительных плит THERMIT SP ROLL:

Наименование показателя, ед. измерения	Показатели THERMIT SP
Плотность (экструзионного пенополистирола, используемого в плите), кг/м ³	28-38
Теплопроводность (экструзионного пенополистирола, используемого в плите) при (25±5)°С, Вт/м°С, не более	0,031
Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, МПа, не менее	0,25
Прочность при статическом изгибе, МПа, не менее	1,2
Прочность сцепления полимерцементного покрытия с теплоизоляционным слоем (адгезия), МПа, не менее	0,3
Водопоглощение экструзионного пенополистирола за 24 часа, % по объему, не более	0,4
Группа горючести	Г3
Группа воспламеняемости	В2
Группа дымообразующей способности	Д3
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,008
Допустимый диапазон температуры применения, °С	-50...+75
Габаритные размеры плиты, ширина x длина, мм	600x2500
Толщина плиты, мм	40, 50, 80
Форма кромки плиты	N/L

Преимущества использования плит THERMIT SP ROLL:

- При изоляции трубопроводов Ø100-120 мм плиту THERMIT SP ROLL можно располагать в длину, т. е. длина одного теплоизоляционного элемента будет 2500 мм, тем самым уменьшается количество стыков.
- Хорошая прочность на сжатие позволяет применить материал для подземной безканальной прокладки инженерных систем.
- THERMIT SP ROLL— многоразовая теплоизоляция. Характеристики материала таковы, что при порыве трубы, изолированной данным материалом, плиту THERMIT SP ROLL можно снять, провести ремонтные работы трубы и для последующей изоляции использовать тот же, высушенный, участок плиты.
- Изоляция трубопроводов больших диаметров. Надрезы на THERMIT SP ROLL (600x2500 мм) делаются в заводских условиях в поперечном или продольном направлении (по выбору).
- Для изоляции труб Ø100-630 мм завод выпускает заготовки требуемой длины, с вырезанными пазами (для стыков) в продольном и поперечном направлениях.
- Отсутствует вероятность нарушения целостности изоляционного слоя вследствие возникновения вибрационных нагрузок в трубах.
- Наличие на плитах THERMIT SP ROLL полимерцементного покрытия избавляет от необходимости установки дополнительной оболочки.
- Простой и быстрый монтаж, не требующий специального оборудования.
- Отличная устойчивость к озону, маслам и химикатам.
- Длительный срок службы и экологическая чистота.

IV. Области применения

Плиты THERMIT SP ROLL (THERMIT SP) используются для:

- Теплоизоляции трубопроводов холодной воды (питьевого и промышленного назначения).
- Теплоизоляции трубопроводов горячей воды промышленного назначения, с учетом ограничения температуры (температура жидкости не более 75°C).
- Изоляция канализационных труб (предохранение от промерзания) при расположении канализационных труб в зоне промерзания.
- Изоляция изгибов, поворотов, фланцевой арматуры.
- Изоляция труб, оборудования и резервуаров с целью предотвращения появления конденсата на поверхности.
- Изоляция резервуаров от нагрева.
- Теплоизоляция резервуаров для хранения воды.
- Изоляция оборудования.
- Изоляция холодильных установок (промышленного назначения).

Возможна изоляция трубопроводов, проходящих:

- на открытом воздухе;
- в грунте в зоне промерзания*;
- в подвалах;
- в проветриваемых каналах;
- в помещениях (промышленные трубопроводы и резервуары).

Монтаж изоляции осуществляется по техническому регламенту, приведенному ниже.

*Ниже глубины промерзания теплоизоляция не требуется.

V. Регламент производства работ с плитами THERMIT SP ROLL

При оформлении заказа необходимо указать требуемую толщину плиты THERMIT SP ROLL и диаметр трубы. В зависимости от диаметра изолируемой трубы надрезы на материале THERMIT SP ROLL могут быть нанесены как в продольном, так и в поперечном направлении. Для изоляции труб Ø100-120 мм надрезы преимущественно наносятся в продольном направлении (учитывая требуемую толщину изоляционного слоя), при изоляции труб >Ø120 мм надрезы располагаются в поперечном направлении.

Перед монтажом и раскройкой изоляционного материала для трубопроводов рекомендуется воспользоваться «образцом для измерений».

«Образец для измерений» представляет собой полосу материала THERMIT SP ROLL шириной 50 мм, длиной — 600-2500 мм; толщина соответствует используемой толщине для данной изоляции.

I. Изоляция THERMIT SP ROLL прямых участков трубопроводов:

1. Определить окружность трубы с помощью образца. Окружность измерить и отрезать по наружному диаметру материала (при условии, что материал не раскроен для монтажа в заводских условиях).

2. Отрезать необходимый фрагмент материала для изоляции. Линии отреза должны быть ровными.

Внимание, материал отрезать только вдоль нанесенных надрезов!

3. Наклеить на трубу 2–3 маяка (из кусочков двухстороннего строительного скотча).

Два соседних фрагмента должны плотно прилегать друг к другу. Стык не должен иметь щелей.

4. Приклеить на маяки материал THERMIT SP ROLL.

5. Обернуть трубопровод THERMIT SP ROLL и стянуть поперечными стяжками-хомутами из стальной проволоки, стальной или пластиковой ленты.

6. Расстояние между хомутами не должно превышать 400 мм.

7. Заизолировать продольный и поперечные швы.

Варианты изоляция швов:

Продольные:

- алюминиевая самоклеящаяся лента и пазовое соединение;
- алюминиевая лента;
- клей (рекомендуется использовать специальный клей для пенополистирольных плит);
- клей и пазовое соединение;
- алюминиевая самоклеящаяся лента и клей;
- пена строительная;
- пена строительная и алюминиевая самоклеящаяся лента.

Поперечные:

- пазовое соединение соседних плит и алюминиевая самоклеящаяся лента;
- пазовое соединение соседних плит и клей;
- клей и алюминиевая самоклеящаяся лента;
- пена строительная и алюминиевая самоклеящаяся лента.

II. Выполнение колен и сочленений из плит THERMIT SP ROLL:

1. Образцом померить необходимый диаметр или рассчитать длину окружности (математическим путем — $C=2\pi r$).
2. Разметить материал (по длине и необходимой ширине), сделать выкройку.
3. Склеить трубу:
 - для небольших изделий (длина до 200 мм) склеивать по всей длине;
 - для более длинных (более 200 мм длины) проклеить только место расположения предполагаемого поворота (ответвления).
4. Для выполнения колен и сочленений использовать эпоксидный или полиуретановый клеи для пенополистирола.
5. После высыхания клея разрезать трубу под необходимым углом. Для более точного выполнения данного процесса рекомендуется пользоваться стуслом.
6. Из полученных деталей склеить соединение (колесо, сочленение).
7. После высыхания клея разрезать полученную конструкцию. Сделать один разрез по длине конструкции — заготовка готова к использованию.

8. Монтаж производить из заранее сделанных заготовок.

III. Изоляция плитами THERMIT SP ROLL резервуаров:

Характеристики плиты THERMIT SP ROLL позволяют использовать ее для изоляции резервуаров с негорючим содержимым. Изолируемые резервуары могут находиться как в помещении, так и на открытом воздухе. В зависимости от места расположения инженерного сооружения рекомендуются следующие покрытия:

Резервуар в помещении:

- отсутствие дополнительного покрытия;
- штукатурное покрытие.

Резервуар на открытом воздухе:

- дополнительное покрытие из стальных оцинкованных листов (антивандальное);
- отделка фактурным штукатурным составом с толщиной слоя до 5 мм (антивандальное покрытие).

Изоляционная конструкция зависит от типа финишного покрытия резервуара.

Пошаговое выполнение изоляционных работ:

1. Выполнить обмеры резервуара, рассчитать требуемое количество плит THERMIT SP ROLL.
2. Рассчитать требуемое количество крепежных элементов.
3. Выполнить крепежные элементы. Крепежные элементы предлагаются 2-х типов (приведено ниже в таблице).
4. Приварить крепежные элементы к резервуару.
5. Насадить плиты на приваренные крепежные элементы, загнуть выступающие концы (если такие будут). Плиты насаживать вплотную друг к другу, не допуская появления щелей и зазоров между ними.
6. Крепление плит начинать снизу. Две соседних плиты в ряду крепятся в пазогребневый стык, поэтому крепление плиты начинать со стыка (т.е. выполнить пазогребневый стык и от него начинать насадку плиты на крепежные элементы).

7. Не переходить к верхнему ряду, пока нижний ряд не замкнут.

8. После того, как вертикальные поверхности резервуара полностью покрыты плитами THERMIT SP ROLL, переходят к изоляции горизонтальных поверхностей (к изоляции крышки).

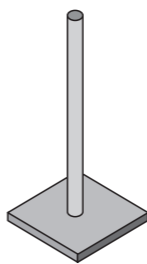
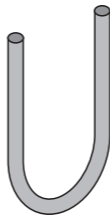
9. Плиты THERMIT SP ROLL крепить со сдвигом.

10. Швы проклеить клеем или пеной, после высыхания закрепить алюминиевой самоклеящейся лентой или полимерной сеткой (сетка используется, если предполагается штукатурная финишная отделка).

11. Если резервуар покрывается стальными оцинкованными листами, то после заделки швов к деревянным стойкам крепится дополнительный слой пароизоляции и стальные оцинкованные листы.

12. Места стыков стальных листов герметизируют.

Крепежные элементы (описанные в п.3)

Тип	Эскиз	Описание	Применение
1 тип		Металлическая пластина размером 30x30x2 мм с приваренной к нему арматурой АІØ4 длиной 50÷120 мм	Используется при креплении утеплителя в 1 слой, если толщина утеплителя не превышает 120 мм. Штырь (арматура) крепежного элемента выполняется короче толщины утеплителя на 10 мм. При толщине утеплителя менее 50 мм длина штыря остается 50 мм
2 тип		П-образный элемент, выполненный из арматуры АІØ4	Используется при креплении утеплителя в 2 слоя. Длина требуемого отрезка рассчитывается по формуле: (дуг.+30 мм)·2+40 мм, где дуг. – требуемая толщина утеплителя

VI. Инструменты и материалы



Плита THERMIT SP ROLL



Клей

Рекомендуется использовать специальный клей для пенополистирольных плит.



Алюминиевая самоклеящаяся лента

Лента алюминиевая самоклеящаяся – это алюминиевая фольга с односторонним клеевым слоем, защищенным антиадгезионным материалом.



Резак



Скотч строительный двусторонний

Двухсторонние монтажные ленты – это клей (на каучуковой либо акриловой основе), только не в жидком состоянии, а нанесенный на пенополиэтиленовую ленту с двух сторон.



Ножовка



Пена монтажная



Стусло

Стусло – это столярный инструмент, служащий для распиливания пиломатериалов под фиксированными углами 45°, 60° и 90° или под любым произвольным углом. Стусло, позволяющее распиливать пиломатериалы под любым углом, называется поворотным стуслом.

VII. Расчетный алгоритм определения толщины изоляции трубопроводов с целью предотвращения замерзания содержащейся в них жидкости

Как бы эффективна ни была тепловая изоляция, она не в состоянии предотвратить замерзание жидкости в трубопроводе, скоростной режим которой всегда равен 0 без дополнительного нагрева трубопровода. Однако правильный подбор изоляции замедляет процесс охлаждения при непродолжительных остановках движения жидкости, предохраняя трубопровод от промерзания по всему сечению.

Тепловую изоляцию с целью предотвращения замерзания жидкости при прекращении ее движения предусматривают для трубопроводов, расположенных:

- на открытом воздухе;
- в неотапливаемом помещении;
- в помещении с температурой ниже +2°C;
- в вентилируемых каналах (при прокладке сетей в вечномерзлых грунтах).

Толщину изоляционного слоя определяют по формуле:

$$\delta_{изд} = d_H / 2 (d_K / d_H - 1); \text{ (IV.21)}$$

где d_H – наружный диаметр изолируемого объекта (трубопровода), определяется по табл.1, м; d_K / d_H – отношение, определяемое по таблице натуральных логарифмов (табл. 4, 4а) и формуле IV.22:

$$\ln \frac{d_K}{d_H} = 2\pi\lambda_{изд}(R_\ell - R_\ell^H); \text{ (IV.22)}$$

где π – математическая константа, равная 3,14;
 $\lambda_{изд}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°C) по табл. 5;
 R_ℓ – полное термическое сопротивление изоляционной конструкции, определяемое по формулам IV.23 и IV.24, м·°C/Вт;
 R_ℓ^H – сопротивление теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух, определяемое по табл.2 или по формуле IV.25, м·°C/Вт.

Полное термическое сопротивление изоляционной конструкции определяется по формуле:

$$R_\ell = \frac{3,6K_{пз}}{2(t-t_3)(v_{тp}t_{сT}+v_{сT}p_{сT}c_{сT}) + \frac{0,25\rho_{тp}t_3}{t_3-t_H}}; \text{ (IV.23)}$$

В частности, для стального трубопровода R_{ℓ} определяется следующим образом:

$$R_{\ell}^{CT} = \frac{K_{\pi} z}{2326 \left[\frac{t(v_T + 0,9v_{CT})}{t - 2t_H} - \frac{10v_T}{t_H} \right]}; \quad (IV.24)$$

где K_{π} – коэффициент, учитывающий дополнительный тепловой поток через опоры и подвески, определяется по табл. 3;

z – предполагаемое или расчетное время простоя жидкости в трубе (трубопроводе) при аварийном отключении, соответствующем режиму работы или технологическом процессе, ч. Принимается согласно известным данным либо в промежутке от 2 до 12 часов;

t – температура жидкости до остановки ее движения, °С. Для холодного водопровода в зимнее время принимается +5÷8°С;

t_H – температура наружного воздуха с обеспеченностью 0,92, определяемая по табл. 7, °С;

t_3 – температура замерзания жидкости, °С;

ρ_T – плотность жидкости, кг/м³;

ρ_{CT} – плотность материала стенки трубопровода на 1 м длины, кг/м³;

c_T – удельная теплоемкость жидкости, кДж/°С;

c_{CT} – удельная теплоемкость стенки трубопровода, кДж/кг·°С;

v_T – объем жидкости на 1 м длины трубопровода, м³. Определяется расчетом или по табл. 1;

v_{CT} – объем стенки трубопровода на 1 м длины, м³. Определяется расчетом или по табл. 1;

r_3 – скрытая теплота замерзания жидкости, кДж/кг.

Сопротивление теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух:

$$R_{\ell}^H = \frac{1}{\pi d_k \alpha_H}; \quad (IV.25)$$

где π – математическая константа, равная 3,14;

d_k – наружный диаметр изоляционной конструкции;

α_H – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух, Вт/(м²·°С), определяемый по табл. 2а.

Требуемая толщина изоляции принимается согласно расчету с учетом ассортимента материала и равна расчетной толщине либо ближайшему значению в сторону увеличения. При слишком большой разнице между расчетной и ассортиментной толщиной допускается выбор толщины теплоизоляционного слоя меньше расчетной, но не более, чем на 1-2 мм. При таком варианте требуется сделать корректировку времени возможного простоя жидкости по формуле и согласовать данное изменение с соответствующей документацией:

$$z = \frac{1}{3,6K_{\pi}} \left(\frac{1}{2\pi\lambda_{изд}} \ln \frac{d_k}{d_H} + \frac{1}{\pi d_k \alpha_H} \right) \left[\frac{2(v_T \rho_T c_T + v_{CT} \rho_{CT} c_{CT})(t - t_3)}{t - t_3 - 2t_H} + \frac{0,25 \rho_T r_3}{t_3 - t_H} \right]; \quad (IV.26)$$

Таблица 1. Объем жидкости и стенки трубопровода на 1 м его длины.

Условный диаметр		Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Объем на 1 м длины, м ³ /м	
мм	дюймы			жидкости	стенки трубопровода
15	–	20	16	0,0002	0,00011
–	½	21,25	15,75	0,0002	0,00015
25	–	32	28	0,00062	0,00019
–	1	33,5	27	0,00057	0,00031
32	–	40	35	0,00096	0,0003
–	1 ¼	42,25	35,75	0,00101	0,00039
50	–	57	52	0,00212	0,00043
–	2	60	53	0,00221	0,00062
80	–	89	84	0,00554	0,00068
–	3	88,5	80	0,00503	0,00112
100	–	108	100	0,00785	0,00131
–	4	114	106	0,00882	0,00139
125	–	133	125	0,01227	0,00163
–	5	140	131	0,01348	0,00192
150	–	159	150	0,01777	0,0022
–	6	165	156	0,0191	0,00228
200	–	219	207	0,0337	0,004
250	–	273	259	0,0528	0,00573
300	–	325	309	0,075	0,00785

Примечание

1. При отсутствии сведений об арматуре принимается равным:
 - для трубопроводов, расположенных в помещении, – 1,2;
 - на открытом воздухе – 1,25.

Таблица 2. Приближенные значения сопротивлений теплоотдачи (R^H) от цилиндрической и плоской поверхностей изоляции в окружающий воздух.

Условный диаметр	Сопротивление теплоотдачи на открытом воздухе	Сопротивление теплоотдачи внутри помещений для поверхностей	
		с высоким коэффициентом излучения	с малым коэффициентом излучения
32	0,12	0,33	0,5
40	0,1	0,29	0,45
50	0,09	0,25	0,4
100	0,07	0,15	0,25
125	0,05	0,13	0,21
150	0,05	0,12	0,18
200	0,04	0,1	0,16
250	0,03	0,09	0,13
300	0,03	0,08	0,11
350	0,03	0,07	0,10
400	0,02	0,06	0,09
500	0,02	0,05	0,075
600	0,017	0,043	0,062
700	0,015	0,038	0,055
800	0,013	0,034	0,048
900	0,012	0,031	0,044
1000	0,011	0,028	0,040
2000	0,006	0,015	0,022
Плоская поверхность	0,03	0,09	0,14

Примечание

1. Для промежуточных значений диаметров величина R^H определяется интерполяцией.
2. Таблица рассчитана для температуры теплоносителя от 100°C и ниже.
3. К покровным слоям с малым коэффициентом излучения (С) относятся покрытия с $C \leq 2,33$ Вт/(м²·К⁴) и менее, в том числе из тонколистовой оцинкованной стали, листов из алюминия и алюминиевых сплавов, а также других материалов, окрашенных алюминиевой краской. К покрытиям с высоким коэффициентом излучения относятся покрытия с $C \geq 2,33$ Вт/(м²·К⁴), в том числе стеклопластики и прочие материалы на основе синтетических и природных полимеров, асбестоцементные листы, штукатурки, покровные слои, окрашенные различными красками, кроме алюминиевой.

Таблица 2а. Расчетные значения коэффициента теплоотдачи (α_H) от поверхности изоляции в окружающий воздух, Вт/(м²·°С)

Изолируемый объект	Коэффициент теплоотдачи, Вт/(м ² ·°С)				
	В закрытом помещении для покрытий с коэффициентом излучения		На открытом воздухе при скорости ветра, м/с		
	малым	большим	5	10	15
Горизонтальные трубопроводы	7	10	20	26	35
Вертикальные трубопроводы, оборудование, плоская стенка	8	12	26	35	52
Для объектов с отрицательными температурами (при расчете на предотвращение конденсации влаги)	4	7	-	-	-
Приближенные формулы для объектов с температурой теплоотдающей поверхности 0...150°C в зависимости от	5,2+0,06x	Для плоской поверхности	9,8+0,07x		
		Для цилиндрической поверхности	9,4+0,052x		
$\alpha_H = 11,6 + \sqrt{\omega_B}$, где ω_B – скорость ветра, м/с					

Примечание

1. К покровным слоям с малым коэффициентом излучения (С) относятся покрытия с $C \leq 2,33$ Вт/(м²·К⁴) и менее, в том числе из тонколистовой оцинкованной стали, листов из алюминия и алюминиевых сплавов, а также других материалов, окрашенных алюминиевой краской. К покрытиям с высоким коэффициентом излучения относятся покрытия с $C \geq 2,33$ Вт/(м²·К⁴), в том числе стеклопластики и прочие материалы на основе синтетических и природных полимеров, асбестоцементные листы, штукатурки, покровные слои, окрашенные различными красками, кроме алюминиевой.
2. При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.
3. $x = (t_k - t_{ок})$ – температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом, °С.
4. Минимальное значение = 4 Вт/(м²·°С) принимается при малых значениях температурных перепадов, низком коэффициенте излучения поверхности и при теплоотдаче в углах, максимальное $\alpha_H = 100$ Вт/(м²·°С) – при шквальном ветре.

Таблица 3. Коэффициент, учитывающий дополнительный тепловой поток через опоры и подвески (K_n).

Способ прокладки		Коэффициент K_n для трубопроводов диаметром, мм	
		до 159	159 и более
Для стальных трубопроводов	Подвижные опоры	1,2	1,15
	Подвесные опоры	1,05	1,05
Для неметаллических трубопроводов		1,7	
Для оборудования		1,1	

Таблица 4. Натуральный логарифм чисел от 1 до 7,99.

x	1	2	3	4	5	6	7	x	1	2	3	4	5	6	7
0,00	0,000	0,693	1,099	1,386	1,609	1,792	1,946	0,51	0,412	0,920	1,256	1,506	1,707	1,873	2,016
0,01	0,010	0,698	1,102	1,389	1,611	1,793	1,947	0,52	0,419	0,924	1,258	1,509	1,708	1,875	2,018
0,02	0,020	0,703	1,105	1,391	1,613	1,795	1,949	0,53	0,425	0,928	1,261	1,511	1,710	1,876	2,019
0,03	0,030	0,708	1,109	1,394	1,615	1,797	1,950	0,54	0,432	0,932	1,264	1,513	1,712	1,878	2,020
0,04	0,039	0,713	1,112	1,396	1,617	1,798	1,952	0,55	0,438	0,936	1,267	1,515	1,714	1,879	2,022
0,05	0,049	0,718	1,115	1,399	1,619	1,800	1,953	0,56	0,445	0,940	1,270	1,517	1,716	1,881	2,023
0,06	0,058	0,723	1,118	1,401	1,621	1,802	1,954	0,57	0,451	0,944	1,273	1,520	1,717	1,883	2,024
0,07	0,068	0,728	1,122	1,404	1,623	1,803	1,956	0,58	0,457	0,948	1,275	1,522	1,719	1,884	2,026
0,08	0,077	0,732	1,125	1,406	1,625	1,805	1,957	0,59	0,464	0,952	1,278	1,524	1,721	1,886	2,027
0,09	0,086	0,737	1,128	1,409	1,627	1,807	1,959	0,60	0,470	0,956	1,281	1,526	1,723	1,887	2,028
0,10	0,095	0,742	1,131	1,411	1,629	1,808	1,960	0,61	0,476	0,959	1,284	1,528	1,725	1,889	2,029
0,11	0,104	0,747	1,135	1,413	1,631	1,810	1,962	0,62	0,482	0,963	1,286	1,530	1,726	1,890	2,031
0,12	0,113	0,751	1,138	1,416	1,633	1,812	1,963	0,63	0,489	0,967	1,289	1,533	1,728	1,892	2,032
0,13	0,122	0,756	1,141	1,418	1,635	1,813	1,964	0,64	0,495	0,971	1,292	1,535	1,730	1,893	2,033
0,14	0,131	0,761	1,144	1,421	1,637	1,815	1,966	0,65	0,501	0,975	1,295	1,537	1,732	1,895	2,035
0,15	0,140	0,765	1,147	1,423	1,639	1,816	1,967	0,66	0,507	0,978	1,297	1,539	1,733	1,896	2,036
0,16	0,148	0,770	1,151	1,426	1,641	1,818	1,969	0,67	0,513	0,982	1,300	1,541	1,735	1,898	2,037
0,17	0,157	0,775	1,154	1,428	1,643	1,820	1,970	0,68	0,519	0,986	1,303	1,543	1,737	1,899	2,039
0,18	0,166	0,779	1,157	1,430	1,645	1,821	1,971	0,69	0,525	0,990	1,306	1,545	1,739	1,901	2,040
0,19	0,174	0,784	1,160	1,433	1,647	1,823	1,973	0,70	0,531	0,993	1,308	1,548	1,740	1,902	2,041
0,20	0,182	0,788	1,163	1,435	1,649	1,825	1,974	0,71	0,536	0,997	1,311	1,550	1,742	1,904	2,043
0,21	0,191	0,793	1,166	1,437	1,651	1,826	1,975	0,72	0,542	1,001	1,314	1,552	1,744	1,905	2,044
0,22	0,199	0,798	1,169	1,440	1,652	1,828	1,977	0,73	0,548	1,004	1,316	1,554	1,746	1,907	2,045
0,23	0,207	0,802	1,172	1,442	1,654	1,829	1,978	0,74	0,554	1,008	1,319	1,556	1,747	1,908	2,046
0,24	0,215	0,806	1,176	1,445	1,656	1,831	1,980	0,75	0,560	1,012	1,322	1,558	1,749	1,910	2,048
0,25	0,223	0,811	1,179	1,447	1,658	1,833	1,981	0,76	0,565	1,015	1,324	1,560	1,751	1,911	2,049
0,26	0,231	0,815	1,182	1,449	1,660	1,834	1,982	0,77	0,571	1,019	1,327	1,562	1,753	1,913	2,050
0,28	0,239	0,820	1,185	1,452	1,662	1,836	1,984	0,78	0,577	1,022	1,330	1,564	1,754	1,914	2,052
0,29	0,247	0,824	1,188	1,454	1,664	1,837	1,985	0,79	0,582	1,026	1,332	1,567	1,756	1,915	2,053
0,30	0,255	0,829	1,191	1,456	1,666	1,839	1,987	0,80	0,588	1,030	1,335	1,569	1,758	1,917	2,054
0,31	0,262	0,833	1,194	1,459	1,668	1,841	1,988	0,81	0,593	1,033	1,338	1,571	1,760	1,918	2,055
0,32	0,270	0,837	1,197	1,461	1,670	1,842	1,989	0,82	0,599	1,037	1,340	1,573	1,761	1,920	2,057
0,33	0,278	0,842	1,200	1,463	1,671	1,844	1,991	0,83	0,604	1,040	1,343	1,575	1,763	1,921	2,058
0,34	0,285	0,846	1,203	1,466	1,673	1,845	1,992	0,84	0,610	1,044	1,345	1,577	1,765	1,923	2,059
0,35	0,293	0,850	1,206	1,468	1,675	1,847	1,993	0,85	0,615	1,047	1,348	1,579	1,766	1,924	2,061
0,36	0,300	0,854	1,209	1,470	1,677	1,848	1,995	0,86	0,621	1,051	1,351	1,581	1,768	1,926	2,062
0,37	0,307	0,859	1,212	1,472	1,679	1,850	1,996	0,87	0,626	1,054	1,353	1,583	1,770	1,927	2,063
0,38	0,315	0,863	1,215	1,475	1,681	1,852	1,997	0,88	0,631	1,058	1,356	1,585	1,772	1,929	2,064
0,39	0,322	0,867	1,218	1,477	1,683	1,853	1,999	0,89	0,637	1,061	1,358	1,587	1,773	1,930	2,066
0,40	0,329	0,871	1,221	1,479	1,685	1,855	2,000	0,90	0,642	1,065	1,361	1,589	1,775	1,932	2,067
0,41	0,336	0,875	1,224	1,482	1,686	1,856	2,001	0,91	0,647	1,068	1,364	1,591	1,777	1,933	2,068

x	1	2	3	4	5	6	7	x	1	2	3	4	5	6	7
0,42	0,344	0,880	1,227	1,484	1,688	1,858	2,003	0,92	0,652	1,072	1,366	1,593	1,778	1,934	2,069
0,43	0,351	0,884	1,230	1,486	1,690	1,859	2,004	0,93	0,658	1,075	1,369	1,595	1,780	1,936	2,071
0,44	0,358	0,888	1,233	1,488	1,692	1,861	2,006	0,94	0,663	1,078	1,371	1,597	1,782	1,937	2,072
0,45	0,365	0,892	1,235	1,491	1,694	1,863	2,007	0,95	0,668	1,082	1,374	1,599	1,783	1,939	2,073
0,46	0,372	0,896	1,238	1,493	1,696	1,864	2,008	0,96	0,673	1,085	1,376	1,601	1,785	1,940	2,074
0,47	0,378	0,900	1,241	1,495	1,697	1,866	2,010	0,97	0,678	1,089	1,379	1,603	1,787	1,942	2,076
0,48	0,385	0,904	1,244	1,497	1,699	1,867	2,011	0,98	0,683	1,092	1,381	1,605	1,788	1,943	2,077
0,49	0,392	0,908	1,247	1,500	1,701	1,869	2,012	0,99	0,688	1,095	1,384	1,607	1,790	1,944	2,078
0,50	0,399	0,912	1,250	1,502	1,703	1,870	2,014								

Примечание

- Числа 1, 2... 7 соответствуют целым частям числа; 0,00, 0,01... 0,99 – дробным.
- Определение значения величины вне табличных данных x происходит по формуле $x = e^{\ln x}$, где e – математическая константа, равная 2,71828.

Таблица 4а. Натуральный логарифм чисел от 8 до 49.

x	$\ln x$	x	$\ln x$	x	$\ln x$	x	$\ln x$	x	$\ln x$	x	$\ln x$	x	$\ln x$	x	$\ln x$
8,0	2,079	8,9	2,186	9,8	2,282	14	2,603	18,5	2,918	26	3,258	35	3,555	44	3,784
8,1	2,092	9	2,197	9,9	2,293	14,5	2,639	19	2,944	27	3,296	36	3,584	45	3,807
8,2	2,104	9,1	2,208	10	2,303	15	2,674	19,5	2,970	28	3,332	37	3,611	46	3,829
8,3	2,116	9,2	2,219	10,5	2,351	15,5	2,708	20	2,996	29	3,367	38	3,638	47	3,850
8,4	2,128	9,3	2,230	11	2,398	16	2,741	21	3,045	30	3,401	39	3,664	48	3,871
8,5	2,140	9,4	2,241	11,5	2,442	16,5	2,773	22	3,091	31	3,434	40	3,689	49	3,892
8,6	2,152	9,5	2,251	12	2,485	17	2,803	23	3,135	32	3,466	41	3,714	50	3,912
8,7	2,163	9,6	2,262	12,5	2,526	17,5	2,833	24	3,178	33	3,497	42	3,738	51	3,932
8,8	2,175	9,7	2,272	13	2,565	18	2,862	25	3,219	34	3,526	43	3,761	52	3,951

Примечание

- Определение значения величины вне табличных данных x происходит по формуле $x = e^{\ln x}$, где e – математическая константа, равная 2,71828.

Таблица 4б. Натуральный логарифм чисел от 0 до 1,0.

<i>x</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	-	-2,303	-1,609	-1,204	-0,916	-0,693	-0,511	-0,357	-0,223	-0,105
0,01	-4,605	-2,207	-1,561	-1,171	-0,892	-0,673	-0,494	-0,342	-0,211	-0,094
0,015	-4,200	-2,163	-1,537	-1,155	-0,879	-0,664	-0,486	-0,335	-0,205	-0,089
0,02	-3,912	-2,120	-1,514	-1,139	-0,868	-0,654	-0,478	-0,329	-0,198	-0,083
0,025	-3,689	-2,079	-1,492	-1,124	-0,856	-0,644	-0,470	-0,322	-0,192	-0,078
0,03	-3,507	-2,040	-1,470	-1,109	-0,844	-0,635	-0,462	-0,315	-0,186	-0,073
0,035	-3,352	-2,002	-1,448	-1,094	-0,832	-0,625	-0,454	-0,308	-0,180	-0,067
0,04	-3,219	-1,966	-1,427	-1,079	-0,821	-0,616	-0,446	-0,301	-0,174	-0,062
0,045	-3,101	-1,931	-1,406	-1,064	-0,810	-0,607	-0,439	-0,294	-0,168	-0,057
0,06	-2,813	-1,833	-1,347	-1,022	-0,777	-0,580	-0,416	-0,274	-0,151	-0,041
0,065	-2,733	-1,802	-1,328	-1,008	-0,766	-0,571	-0,408	-0,268	-0,145	-0,036
0,07	-2,659	-1,772	-1,309	-0,994	-0,755	-0,562	-0,400	-0,261	-0,139	-0,030
0,075	-2,590	-1,743	-1,291	-0,981	-0,744	-0,553	-0,393	-0,255	-0,134	-0,025
0,08	-2,526	-1,715	-1,273	-0,968	-0,734	-0,545	-0,386	-0,248	-0,128	-0,020
0,085	-2,465	-1,687	-1,255	-0,955	-0,724	-0,536	-0,378	-0,242	-0,122	-0,015
0,09	-2,408	-1,661	-1,238	-0,942	-0,713	-0,528	-0,371	-0,236	-0,117	-0,010
0,095	-2,354	-1,635	-1,221	-0,929	-0,703	-0,519	-0,364	-0,229	-0,111	-0,005

Примечание

1. Числа 1, 2... 7 соответствуют десятым частям числа; 0,00, 0,015... 0,095 – тысячным.
2. Определение значения величины вне табличных данных *x* происходит по формуле $x = e^{\ln x}$, где *e* – математическая константа, равная 2,71828.

Таблица 5. Показатели теплопроводности изоляционного слоя THERMIT SP ROLL.

Влажностный режим помещений (см. таб. 6)	Условия эксплуатации материала А и Б в зоне влажности (см. табл. 7)		Условия эксплуатации материала	Показатели теплопроводности, $\lambda_{изд}$, Вт/м·°С
	Сухой	Нормальной		
Сухой	А	А	А	0,030
Нормальный	А	Б		
Влажный	Б	Б	Б	0,030

Таблица 6. Влажностный режим помещений зданий и сооружений в зимний период в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха.

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		
	до 12°С	свыше 12 до 24°С	свыше 24°С
Сухой	до 60	до 50	до 40
Нормальный	свыше 60 до 75	свыше 50 до 60	свыше 40 до 50
Влажный	свыше 75	свыше 60 до 75	свыше 50 до 60
Мокрый	-	свыше 75	свыше 60

Таблица 7. Климатические параметры некоторых городов Сибирского федерального округа.

Край, область	Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92	Средняя температура воздуха, °С, периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Продолжительность, сут., периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Зона влажности
1	2	3	4	5	6
Алтайский край	Алейск	-38	-7,8	216	Сухая
	Барнаул	-39	-7,7	221	Сухая
	Бийск	-38	-7,8	222	Сухая
	Кош-Агач	-46	-12,8	262	Сухая
	Рубцовск	-38	-7,4	213	Сухая
	Славгород	-37	-8,7	215	Сухая
Иркутская область	Бодайбо	-47	-13,9	254	Сухая
	Братск	-43	-8,6	249	Сухая
	Зима	-42	-9,7	239	Сухая
	Иркутск	-36	-8,5	240	Сухая
	Киренск	-49	-12,3	251	Сухая

Край, область	Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92	Средняя температура воздуха, °С, периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Продолжительность, сут., периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Зона влажности
1	2	3	4	5	6
Кемеровская область	Гурьевск	-39	-7,9	227	Сухая
	Кемерово	-39	-8,3	231	Сухая
	Киселевск	-39	-7,3	227	Сухая
	Кондома	-40	-7,8	236	Сухая
	Мариинск	-40	-7,7	235	Сухая
	Междуреченск	-40	-8,1	233	Сухая
	Мыски	-40	-8	232	Сухая
	Новокузнецк	-39	-8	230	Сухая
	Прокопьевск	-39	-7,5	227	Сухая
	Тайга	-39	-8,3	240	Сухая
	Таштагол	-41	-8,6	240	Сухая
	Тисуль	-40	-7,3	236	Сухая
	Топки	-39	-8,2	235	Сухая
	Усть-Кабырза	-41	-9	241	Сухая
Красноярский край	Ачинск	-41	-7,6	237	Сухая
	Байкит	-50	-13,9	267	Сухая
	Боготол	-39	-7,6	239	Сухая
	Богучаны	-46	-10,8	245	Сухая
	Дудинка	-47	-14,3	303	Нормальная
	Енисейск	-46	-9,6	245	Сухая
	Игарка	-49	-13,9	285	Нормальная
	Канск	-42	-8,8	237	Сухая
	Красноярск	-40	-7,1	234	Сухая
	Минусинск	-40	-8,8	225	Сухая
	Норильск	-46	-14,6	302	Нормальная
Тура	-55	-16,9	271	Сухая	
Туруханск	-50	-12,9	279	Нормальная	

Край, область	Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92	Средняя температура воздуха, °С, периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Продолжительность, сут., периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Зона влажности
1	2	3	4	5	6
Новосибирская область	Барабинск	-39	-9	230	Сухая
	Болотное	-39	-8,2	231	Сухая
	Карасук	-37	-8,9	218	Сухая
	Кочки	-39	-8,9	228	Сухая
	Купино	-38	-9	224	Сухая
	Кыштовка	-40	-8,9	231	Сухая
	Новосибирск	-39	-8,7	230	Сухая
	Татарск	-39	-8,9	229	Сухая
	Чулым	-39	-8,8	230	Сухая
	Омская область	Исилькуль	-36	-8,6	225
Омск		-37	-8,4	221	Сухая
Тара		-40	-8,8	234	Сухая
Черлак		-37	-8,7	217	Сухая
Республика Алтай	Горно-Алтайск	-33	-7	223	Сухая
	Ондугай	-38	-8,3	231	Сухая
	Усть-Улаган	-41	-10,2	258	Сухая
Республика Бурятия	Баргузин	-42	-11,5	241	Сухая
	Нижнеангарск	-33	-9,6	258	Сухая
	Сосново-Озерское	-38	-10,6	261	Сухая
	Улан-Удэ	-37	-10,4	237	Сухая
	Хоринск	-39	-10,8	241	Сухая
Республика Тыва	Кызыл	-47	-15	225	Сухая
Республика Хакасия	Абакан	-40	-8,4	225	Сухая

Край, область	Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92	Средняя температура воздуха, °С, периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Продолжительность, сут., периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8°С	Зона влажности
1	2	3	4	5	6
Томская область	Александровское	-42	-9,6	252	Нормальная
	Асино	-41	-9,1	239	Нормальная
	Колпашево	-42	-9,1	243	Нормальная
	Северск	-40	-8,4	236	Нормальная
	Средний Васюган	-41	-8,8	244	Нормальная
	Стрежевой	-42	-9,6	252	Нормальная
	Томск	-40	-8,4	236	Нормальная
	Усть-Озерное	-43	-9,5	248	Нормальная
Читинская область	Борзя	-40	-12	236	Сухая
	Могоча	-43	-13,4	254	Сухая
	Нерчинск	-47	-14,1	233	Сухая
	Чита	-38	-11,4	242	Сухая

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

Определим толщину изоляции из строительных плит THERMIT SP ROLL для стального трубопровода, расположенного на открытом воздухе, для г. Красноярск.

Исходные данные:

Расчетная температура окружающего воздуха $t_H = -40^\circ\text{C}$ (табл.7).
 Наружный диаметр трубопровода $d_H = 140$ мм.
 Температура воды в трубопроводе $t = +5^\circ\text{C}$.
 Теплопроводность THERMIT SP ROLL $\lambda_{изд} = 0,030$ Вт/(м·°C).

Решение.

1. Определим полное термическое сопротивление изоляционной конструкции для стального трубопровода по формуле (IV.24):

$$R_{\ell}^{CT} = \frac{K_{\pi} z}{2326 \left[\frac{t(v_T + 0,9v_{CT})}{t - 2t_H} - \frac{10v_T}{t_H} \right]}$$

Так как трубопровод расположен на открытом воздухе и данными об арматуре мы не располагаем, принимаем коэффициент, учитывающий дополнительный тепловой поток через опоры и подвески, $K_{\pi} = 1,25$.

Предполагаемое время простоя жидкости в трубопроводе (z) принимаем 4 часа.

По табл.1 определяем объем жидкости и объем стенки трубопровода на 1м длины:

$v_T = 0,01348$ м³, $v_{CT} = 0,00192$ м³.

Таким образом,

$$R_{\ell}^{CT} = \frac{K_{\pi} z}{2326 \left[\frac{t(v_T + 0,9v_{CT})}{t - 2t_H} - \frac{10v_T}{t_H} \right]} = \frac{1,25 \cdot 4}{2326 \left[\frac{5(0,01348 + 0,9 \cdot 0,00192)}{5 - 2(-40)} - \frac{10 \cdot 0,00212}{-40} \right]} = 1,509 \text{ м} \cdot \text{°C/Вт.}$$

2. Определим по табл. 2 сопротивление теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух, $R_{\ell}^H = 0,09$ м·°C/Вт.

3. Найдем натуральный логарифм отношения d_K/d_H по формуле (IV.22):

$$\ln \frac{d_K}{d_H} = 2\pi\lambda_{изд}(R_{\ell} - R_{\ell}^H) = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,030(1,509 - 0,09) = 0,267.$$

4. Определим отношение d_K/d_H по табл. 4. Если $\ln \frac{d_K}{d_H} = 0,267$, тогда $d_K/d_H = 1,31$.

5. Толщину изоляционного слоя определяют по формуле (IV.21):

$$\delta_{изд} = d_H/2 (d_K/d_H - 1) = 0,057/2(1,31 - 1) = 0,092 \text{ м} = 92 \text{ мм.}$$

Согласно ассортименту принимаем наиболее подходящую толщину изоляции – 100 мм.

VIII. Расчетный алгоритм определения толщины изоляции трубопроводов при бесканальной однострубной прокладке (в грунте)

При необходимости расположения трубопроводов в толще промерзания грунтов возникает потребность в теплоизоляции.

Толщину теплоизоляционного слоя определяют по формуле:

$$\delta_{изд} = 0,5(d_{из} - d_n); \text{ (IV.31)}$$

где d_n – наружный диаметр изолируемого объекта (трубопровода или оборудования), м, определяется по исходным данным либо по табл. 1;

$d_{из}$ – диаметр трубопровода с изоляцией, м, определяется по таблице натуральных логарифмов (табл. 4б) и формуле IV.32:

$$\ln d_{из} = \left(2\pi R_\ell + \frac{\ln d_n}{\lambda_{изд}} - \frac{\ln 4h}{\lambda_{гр}} \right) / \left(\frac{1}{\lambda_{изд}} - \frac{1}{\lambda_{гр}} \right); \text{ (IV.32)}$$

где π – математическая константа, равная 3,14;

$\lambda_{изд}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°С), по табл. 5;

$\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·°С), определяется согласно заданию

на проектирование, либо по табл. 8 и по формуле IV.35;

R_ℓ – полное термическое сопротивление изоляционной конструкции, определяемое по формуле IV.33, м·°С/Вт;

h – глубина заложения трубопровода до его оси, м. При отсутствии сведений о глубине заложения может приниматься в среднем 1,4 м.

$$R_\ell = \frac{t - t_{гр}}{q_\ell}; \text{ (IV.33)}$$

q_ℓ – линейная плотность теплового потока, Вт/м, определяется согласно заданию на проектирование либо по табл. 9а, 9б;

t – температура вещества (жидкости) в трубопроводе или оборудовании, °С;

$t_{гр}$ – температура грунта на глубине заложения трубопровода, °С.

В случае, если известен тепловой поток оборудования (Q , Вт), линейная плотность теплового потока определяется следующим образом:

$$q_\ell = \frac{Q}{LK_n}; \text{ (VI.34)}$$

где K_n – коэффициент, учитывающий дополнительный тепловой поток через опоры и подвески, определяется по табл. 3;

Q – тепловой поток через изолированную поверхность, Вт;

L – длина изолируемого цилиндрического объекта (трубопровода), м.

Теплопроводность грунта ($\lambda_{гр}$, Вт/(м·°С)) определяется с учетом грунтовых условий и состава «засыпной» части грунта. Обычно используют схему «обратной засыпки» трубопровода согласно рис. VI.1.

$$\lambda_{гр} = \delta_{гр} / R_{гр}; \text{ (VI.35)}$$

$$R_{гр} = \sum (\delta_i^{сл.гр} / \lambda_i^{сл.гр}); \text{ (VI.36)}$$

где $\lambda_i^{сл.гр}$ – теплопроводность i -того слоя грунта, Вт/(м·°С), определяется табл. 8;

$\delta_i^{сл.гр}$ – толщина i -того слоя грунта, м;

$R_{гр}$ – полное термическое сопротивление грунта, м·°С/Вт;

$\delta_{гр}$ – общая толщина слоя обратной засыпки, равна глубине заложения трубопровода, м.

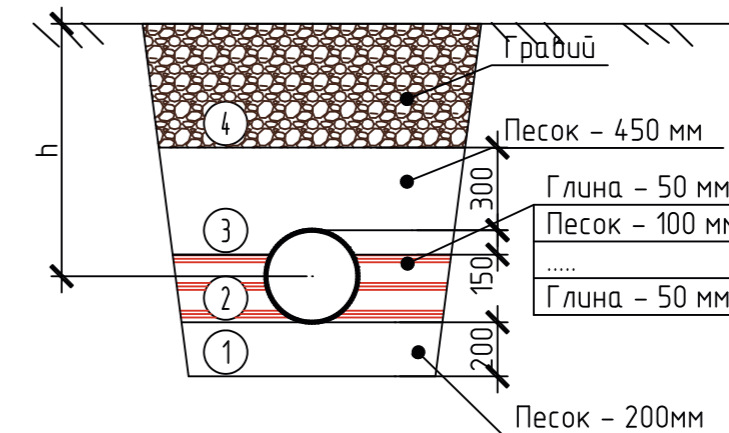


Рисунок VI.1. Схема примерного состава «обратной засыпки» трубопровода.

1 — подложный слой, состоит из песка или глины толщиной 200 мм; 2 — слой, состоящий из чередующихся слоев глины толщиной 50 мм и песка толщиной 100 мм (общая толщина этого слоя равна наружному диаметру трубопровода за минусом 150 мм); 3 — слой песка толщиной 450 мм; 4 — слой гравия.

Таблица 8. Теплопроводность грунта, Вт/(м·°С).

Классификация грунтов по влажности	Вид грунта	Средняя плотность сухого грунта, кг/м³	Расчетная абсолютная влажность, %	Теплопроводность грунта с учетом влажности, Вт/(м·°С)
Относительно сухой	Глинистые и суглинки	1600	5	0,87
		2000		1,74
	Пески и песчаные	1600	5	1,11
		2000		2,03
	Скальные	2000	5	2,03
		2400	1	2,33
Влажный	Глинистые и суглинки	1600	20	1,74
		2000	10	2,56
	Пески и песчаные	1600	15	1,92
		2000	5	3,20
	Скальные	2000	8	2,73
		2400	3	3,48
Водонасыщенный	Глинистые и суглинки	1600	23,8	1,86
		2000	11,5	2,67
	Пески и песчаные	1600	23,8	2,44
		2000	11,5	3,37
	Скальные	2000	11,5	3,37
		2400	3,3	5,11

Температура грунта на глубине заложения трубопровода ($t_{гп}$, °С) определяется исходя из грунтовых условий. На графике VI.1 изображена усредненная линейная зависимость температуры и глубины расположения грунта при однородности грунта по всей глубине промерзания. Изотерма зависит от глубины сезонного промерзания – d_n , м, и температуры наружного воздуха с обеспеченностью 0,92.

Глубина сезонного промерзания грунта определяется либо по исходным данным, либо по данным карт Пособия к СНиП 2.01.01-82 «Справочное пособие к СНиП. Строительная климатология и геофизика».

При отсутствии каких-либо данных о температуре рассматриваемого грунта можно строить усредненные изотермы при толщине верхнего слоя грунта, равном ($h + 0,5$ м), где h – толщина заложения трубопровода, и при отсутствии в этой толщине грунтовых вод.

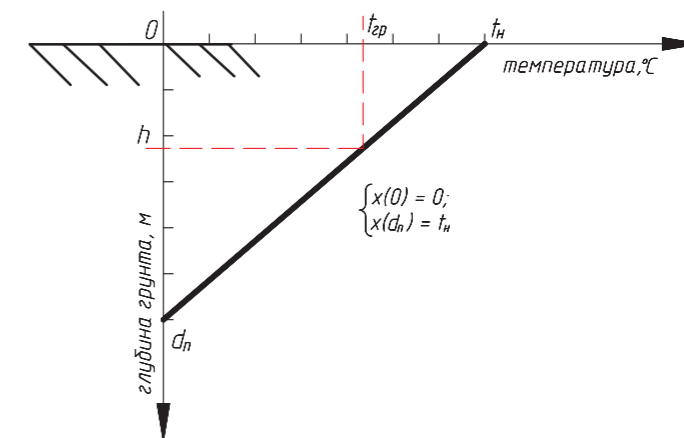


График VI.1. Усредненная линейная зависимость температуры и глубины расположения грунта при однородности рассматриваемого грунта по всей глубине промерзания.

В каждом отдельном случае изотерма грунта выстраивается индивидуально, для того чтобы принимаемая толщина теплоизоляции максимально удовлетворяла поставленные задачи.

Таблица 9а. Нормы линейной плотности теплового потока оборудования и трубопроводов, расположенных в грунте, при числе часов работы более 5000, Вт/м.

Условный диаметр трубопровода	Температура теплоносителя, °С													
	-50	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40	+50	+60	+70	+80
15	6	6	4,5	3	2	3	3,5	4	5,7	7,3	9	10,6	12,2	11,9
20	6,5	6	5	4	3	3	3,5	4	6	8	10	11,8	13,6	13,2
25	7	6	5,5	5	4	3	4,0	5	7	9	11	12,8	14,6	14,2
40	8	7	6	5	5	4	4,5	5	7,3	9,7	12	14,2	16,4	16
50	9	8	7	6	5	5	5,5	6	8,7	11,3	14	16,4	18,8	18,3
65	10	9	8	7	6	6	6,5	7	10	13	16	18,6	21,2	20,7
80	11	10	9	8	6	6	7,0	8	11	14	17	19,8	22,6	22
100	12	11	10	9	7	7	8,0	9	12,3	15,7	19	22	25,0	24,4
125	13	12	10,5	9	8	8	9,0	10	13,7	17,3	21	24,4	27,8	27,1
150	14	13	11,5	10	9	8	9,5	11	15	19	23	26,8	30,6	29,8
200	17	16	14	12	10	10	12,0	14	18,7	23,3	28	32,4	36,8	35,9
250	19	18	16	14	12	11	13,5	16	21,7	27,3	33	37,8	42,6	41,6
300	21	20	18	16	13	12	15,0	18	25	32	39	44,6	50,2	49,1
350	23	22	20	18	15	14	18,0	22	29,7	37,3	45	51,4	57,8	56,5
400	24,5	23	21,5	20	16	16	20,5	25	33	41	49	56	63	61,6
450	27	26	23,5	21	18	17	22,0	27	36	45	54	61,4	68,8	67,3
500	28,5	27	25	23	21	19	24,5	30	39,3	48,7	58	66	74	72,4

Примечание

1. Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.
2. Таблица составлена согласно данным СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Таблица 96. Нормы линейной плотности теплового потока оборудования и трубопроводов, расположенных в грунте, при числе часов работы 5000 и менее, Вт/м.

Условный диаметр трубопровода	Температура теплоносителя, °С													
	-50	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40	+50	+60	+70	+80
15	6	6	4,5	3	2	3	3,5	4	6	8	10	11,6	13,2	12,9
20	6,5	6	5	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	14,6
25	7	6	5,5	5	4	3	4	5	7,3	9,7	12	14,2	16,4	16
40	8	7	6	5	5	4	5	6	8,7	11,3	14	16,4	18,8	18,3
50	9	8	7	6	5	5	6	7	10	13	16	18,6	21,2	20,7
65	10	9	8	7	6	6	7	8	11,3	14,7	18	21	24	23,4
80	11	10	9	8	6	6	7,5	9	12,7	16,3	20	23,2	26,4	25,8
100	12	11	10	9	7	7	8,5	10	14	18	22	25,4	28,8	28,1
125	13	12	10,5	9	8	8	10	12	16,3	20,7	25	28,8	32,6	31,8
150	14	13	11,5	10	9	8	10,5	13	17,7	22,3	27	31,2	35,4	34,6
200	17	16	14	12	10	10	13	16	22	28	34	39	44	43
250	19	18	16	14	12	11	15	19	25,7	32,3	39	44,6	50,2	49,1
300	21	20	18	16	13	12	17	22	29,3	36,7	44	50,4	56,8	55,5
350	23	22	20	18	15	14	20,5	27	36	45	54	61,6	69,2	67,7
400	24,5	23	21,5	20	16	16	23	30	40	50	60	68	76	74,4
450	27	26	23,5	21	18	17	25	33	43,7	54,3	65	73,8	82,6	80,8
500	28,5	27	25	23	21	19	27,5	36	47,7	59,3	71	80,4	89,8	87,9

Примечание

1. Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.
2. Таблица составлена согласно данным СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

Определим толщину изоляции из строительных плит THERMIT SP ROLL для стального трубопровода, проложенного бесканально, для г. Красноярска.

Исходные данные:

- Расчетная температура окружающего воздуха $t_n = -40^\circ\text{C}$ (табл. 7).
 Наружный диаметр трубопровода $d_n = 219$ мм, условный диаметр 200 мм, согласно табл. 1.
 Температура воды в трубопроводе $t = +5^\circ\text{C}$.
 Теплопроводность THERMIT SP ROLL $\lambda_{изд} = 0,030$ Вт/(м·°C).
 Схема «обратной засыпки» трубопровода выполнена согласно рис. VI. 1.
 Глубина заложения – 1,4 м.
 Температура грунта $t_{гр} = -17,6^\circ\text{C}$.
 Количество часов работы – 6000 ч.

Решение.

1. Определим теплопроводность грунта ($\lambda_{гр}$, Вт/(м·°C)) по формулам VI.35 и VI.36:

$$R_{гр} = \sum(\delta_i^{сл.гр} / \lambda_i^{сл.гр}) = 0,4 / 2,03 + 1 / 2,33 = 0,63 \text{ м}^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

$$\lambda_{гр} = R_{гр} / \delta_{гр} = 0,63 / 1,4 = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C}).$$

2. Линейную плотность теплового потока определим по табл. 9а $q_\ell = 11,0$ Вт.
3. Определим полное термическое сопротивление изоляционной конструкции, определяемое по формуле IV.33:

$$R_\ell = \frac{t - t_{гр}}{q_\ell} = \frac{5 - (-17,6)}{11,0} = 2,055 \text{ м}^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

4. Определим диаметр трубопровода с изоляцией по формуле IV.32:

$$\ln d_{из} = \left(2\pi R_\ell + \frac{\ln d_n}{\lambda_{изд}} - \frac{\ln 4h}{\lambda_{гр}} \right) / \left(\frac{1}{\lambda_{изд}} - \frac{1}{\lambda_{гр}} \right) =$$

$$= \left(2 \cdot 3,14 \cdot 2,055 + \frac{\ln 0,219}{0,03} - \frac{\ln 4 \cdot 1,4}{0,45} \right) / \left(\frac{1}{0,03} - \frac{1}{0,45} \right) = -1,336.$$

По таблице натуральных логарифмов определим (табл. 4б): $d_{из} = 0,265$ м.

5. Определим толщину теплоизоляционного слоя по формуле (IV.31):

$$\delta_{изд} = 0,5(d_{из} - d_n) = 0,5(0,265 - 0,219) = 0,023 \text{ м} = 23 \text{ мм}.$$

Согласно ассортименту принимаем наиболее подходящую толщину изоляции – 30 мм.

IX. Расчетный алгоритм определения толщины изоляционного слоя с целью предотвращения конденсации влаги из воздуха на поверхность изоляции

Выпадение конденсата из воздуха на поверхности какого-либо тела возможно тогда, когда температура этого тела ниже температуры воздуха. Соприкоснувшись с более холодной поверхностью, воздух охлаждается до температуры насыщения, в результате чего часть содержащегося в нем пара оседает на этой поверхности в виде конденсата.

Главным предназначением тепловой изоляция в этом случае является обеспечение температуры изолируемой поверхности выше, чем температура насыщения воздуха.

Расчет тепловой изоляции с целью предотвращения конденсации влаги из воздуха на поверхности изоляции следует выполнять для оборудования и трубопроводов, находящихся в закрытых помещениях, если температура вещества внутри рассматриваемого объекта ниже температуры окружающего воздуха. Для объектов, расположенных на открытом воздухе, данный расчет не производится.

Расчетная толщина изоляции для плоских поверхностей (трубопроводов и оборудования, наружный диаметр которых превышает 2 м) определяется по формуле:

$$\delta_{\text{изд}} = \lambda_{\text{изд}} / \alpha_{\text{н}} [(t_{\text{ок}} - t) / (t_{\text{ок}} - t_{\text{к}}) - 1]; \quad (\text{V.11})$$

где $\lambda_{\text{изд}}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°С), определяемая по табл. 5;
 $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух, Вт/(м²·°С), определяемый по табл. 2 а;

$t_{\text{ок}}$ – температура окружающего воздуха, °С;

t – температура вещества (жидкости) в трубопроводе или оборудовании, °С;

$(t_{\text{ок}} - t_{\text{к}})$ – температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом, °С, определяется по табл. 10.

Толщину изоляционного слоя для цилиндрических поверхностей определяют по формуле:

$$\delta_{\text{изд}} = d_{\text{н}} / 2 (d_{\text{к}} / d_{\text{н}} - 1); \quad (\text{V.12})$$

где $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр изолируемого объекта (трубопровода или оборудования), определяется по исходным данным либо по табл. 1, м;

$d_{\text{к}} / d_{\text{н}}$ – отношение, определяемое по таблице функции $x \ln x$ (табл. 11) и формуле V.13:

$$\frac{d_{\text{к}}}{d_{\text{н}}} \ln \frac{d_{\text{к}}}{d_{\text{н}}} = \frac{2\lambda_{\text{изд}}}{\alpha_{\text{н}} d_{\text{н}}} \left(\frac{t_{\text{ок}} - t}{t_{\text{ок}} - t_{\text{к}}} - 1 \right); \quad (\text{V.13})$$

где $\lambda_{\text{изд}}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°С), определяемая по табл. 5;
 $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух, Вт/(м²·°С), определяемый по табл. 2а;

$d_{\text{н}}$ – наружный диаметр изолируемого объекта (трубопровода или оборудования), определяется по исходным данным либо по табл. 1, м;

$t_{\text{ок}}$ – температура окружающего воздуха, °С;

t – температура вещества (жидкости) в трубопроводе или оборудовании, °С.

$(t_{\text{ок}} - t_{\text{к}})$ – температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом, °С, определяется по табл. 10.

Для недопущения возникновения конденсата температура на поверхности изоляции $t_{\text{к}}$ должна быть выше температуры точки росы $t_{\text{р}}$, определяемой согласно приложению Р СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Таким образом, для соблюдения этого условия допустимый перепад температур между поверхностью изоляции и окружающим воздухом $(t_{\text{ок}} - t_{\text{к}})$ должен быть меньше перепада температур между окружающим воздухом и показателем точки росы:

$$(t_{\text{ок}} - t_{\text{к}}) \leq (t_{\text{ок}} - t_{\text{р}}).$$

Таблица 10. Расчетный температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом, $(t_{\text{ок}} - t_{\text{к}})$ °С.

$t_{\text{ок}}, \text{°C}$	Перепады температур при относительной влажности воздуха, φ , %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
4	11,2	9,9	8,7	7,6	6,6	5,6	4,8	3,9	3,1	2,23	1,47	0,73
5	11,4	10,1	8,8	7,8	6,7	5,8	4,9	4,0	3,1	2,27	1,48	0,73
6	11,6	10,2	9,0	7,9	6,9	6,0	5,0	4,0	3,1	2,27	1,49	0,74
7	11,8	10,4	9,2	8,1	7,1	6,0	5,0	4,1	3,2	2,29	1,50	0,74
8	12,0	10,6	9,4	8,3	8,5	6,1	5,0	4,1	3,2	2,31	1,51	0,74
9	12,2	10,8	9,6	8,4	7,2	6,1	5,1	4,1	3,2	2,33	1,52	0,74
10	12,4	11,0	9,7	8,4	7,3	6,2	5,1	4,1	3,2	2,35	1,53	0,75
11	12,6	11,2	9,8	9,5	7,3	6,2	5,2	4,2	3,3	2,37	1,54	0,75
12	12,8	11,3	9,9	8,6	7,4	6,2	5,2	4,2	3,3	2,39	1,55	0,76
13	13,0	11,4	10,0	8,6	7,4	6,3	5,2	4,2	3,3	2,41	1,56	0,77
14	13,1	11,5	10,0	8,7	7,5	6,3	5,3	4,3	3,3	2,43	1,57	0,77
15	13,2	11,6	10,1	8,8	7,5	6,4	5,3	4,3	3,3	2,45	1,59	0,77
16	13,3	11,7	10,2	8,8	7,6	6,4	5,4	4,3	3,4	2,47	1,61	0,78
17	13,4	11,8	10,3	8,9	7,7	6,5	5,4	4,4	3,4	2,49	1,61	0,79
18	13,5	11,9	10,3	9,0	7,7	6,5	5,4	4,4	3,4	2,51	1,63	0,79
19	13,6	11,9	10,4	9,1	7,8	6,6	5,5	4,4	3,5	2,53	1,65	0,79
20	13,7	12,0	10,5	9,1	7,8	6,6	5,5	4,5	3,5	2,55	1,65	0,80
21	13,8	12,1	10,6	9,2	7,9	6,7	5,6	4,5	3,5	2,57	1,67	0,80
22	14,0	12,2	10,7	9,3	8,0	6,7	5,6	4,5	3,5	2,59	1,67	0,39
23	14,0	12,3	10,8	9,3	8,0	6,8	5,7	4,6	3,5	2,61	1,69	0,83
24	14,1	12,4	10,8	9,4	8,1	6,8	5,7	4,6	3,6	2,63	1,71	0,83
25	14,2	12,0	10,9	9,5	8,1	6,9	5,7	4,6	3,6	2,65	1,72	0,84
26	14,4	12,6	11,0	9,5	8,2	6,9	5,8	4,7	3,6	2,67	1,74	0,84
27	14,5	12,7	11,1	9,6	8,3	7,0	5,8	4,7	3,7	2,69	1,74	0,85
28	14,6	12,8	11,2	9,7	8,3	7,0	5,9	4,8	3,7	2,70	1,76	0,86
29	14,7	12,9	11,3	9,8	8,4	7,1	5,9	4,8	3,7	2,72	1,76	0,86
30	14,8	13,0	11,3	9,8	8,4	7,2	6,0	4,8	3,8	2,74	1,78	0,87
31	14,9	13,1	11,4	9,9	8,5	7,2	6,0	4,9	3,8	2,86	1,80	0,88
32	15,0	13,2	11,5	10,0	8,6	7,3	6,0	4,9	3,8	2,78	1,80	0,79
33	15,1	13,2	11,6	10,0	8,6	7,3	6,1	4,9	3,8	2,80	1,82	0,79
34	15,2	13,3	11,7	10,1	8,7	7,4	6,1	5,0	3,9	2,82	1,84	0,90
35	15,3	13,4	11,7	10,2	8,7	7,2	6,2	5,0	3,9	2,84	1,47	0,90

Примечание

1. «Запас прочности» по разнице перепада температур принимался 2%.

Таблица 11. Значение функции в пределах от 1 до 7,99.

x	1	2	3	4	5	6	7	x	1	2	3	4	5	6	7
0,00	0,000	1,386	3,296	5,545	8,047	10,751	13,621	0,51	0,622	2,310	4,407	6,793	9,403	12,195	15,142
0,01	0,010	1,403	3,317	5,569	8,073	10,778	13,651	0,52	0,636	2,329	4,430	6,818	9,430	12,224	15,172
0,02	0,020	1,420	3,338	5,593	8,099	10,806	13,680	0,53	0,651	2,348	4,452	6,844	9,457	12,253	15,202
0,03	0,030	1,437	3,359	5,617	8,126	10,834	13,710	0,54	0,665	2,368	4,475	6,869	9,484	12,282	15,232
0,04	0,041	1,454	3,380	5,641	8,152	10,862	13,739	0,55	0,679	2,387	4,498	6,894	9,512	12,310	15,263
0,05	0,051	1,472	3,401	5,665	8,178	10,890	13,769	0,56	0,694	2,406	4,520	6,919	9,539	12,339	15,293
0,06	0,062	1,489	3,422	5,689	8,204	10,918	13,798	0,57	0,708	2,426	4,543	6,944	9,566	12,368	15,323
0,07	0,072	1,506	3,444	5,713	8,230	10,946	13,828	0,58	0,723	2,445	4,566	6,969	9,593	12,397	15,353
0,08	0,083	1,523	3,465	5,737	8,257	10,974	13,857	0,59	0,737	2,465	4,589	6,995	9,620	12,426	15,384
0,09	0,094	1,541	3,486	5,761	8,283	11,002	13,887	0,60	0,752	2,484	4,611	7,020	9,647	12,455	15,414
0,10	0,105	1,558	3,507	5,785	8,309	11,031	13,917	0,61	0,767	2,504	4,634	7,045	9,675	12,484	15,444
0,11	0,116	1,576	3,529	5,809	8,335	11,059	13,946	0,62	0,782	2,524	4,657	7,070	9,702	12,512	15,475
0,12	0,127	1,593	3,550	5,833	8,362	11,087	13,976	0,63	0,796	2,543	4,680	7,096	9,729	12,541	15,505
0,13	0,138	1,611	3,571	5,857	8,388	11,115	14,006	0,64	0,811	2,563	4,703	7,121	9,757	12,570	15,535
0,14	0,149	1,628	3,593	5,882	8,414	11,143	14,035	0,65	0,826	2,583	4,726	7,146	9,784	12,599	15,565
0,15	0,161	1,646	3,614	5,906	8,441	11,171	14,065	0,66	0,841	2,602	4,749	7,172	9,811	12,628	15,596
0,16	0,172	1,663	3,636	5,930	8,467	11,199	14,095	0,67	0,856	2,622	4,772	7,197	9,839	12,657	15,626
0,17	0,184	1,681	3,657	5,954	8,494	11,228	14,124	0,68	0,872	2,642	4,795	7,223	9,866	12,686	15,657
0,18	0,195	1,699	3,679	5,979	8,520	11,256	14,154	0,69	0,887	2,662	4,818	7,248	9,893	12,715	15,687
0,19	0,207	1,717	3,700	6,003	8,547	11,284	14,184	0,70	0,902	2,682	4,841	7,274	9,921	12,744	15,717
0,20	0,219	1,735	3,722	6,027	8,573	11,312	14,213	0,71	0,917	2,702	4,864	7,299	9,948	12,773	15,748
0,21	0,231	1,753	3,744	6,052	8,600	11,340	14,243	0,72	0,933	2,722	4,887	7,325	9,976	12,802	15,778
0,22	0,243	1,770	3,765	6,076	8,626	11,369	14,273	0,73	0,948	2,742	4,910	7,350	10,003	12,831	15,809
0,23	0,255	1,788	3,787	6,101	8,653	11,397	14,303	0,74	0,964	2,762	4,933	7,376	10,030	12,860	15,839
0,24	0,267	1,807	3,809	6,125	8,679	11,425	14,332	0,75	0,979	2,782	4,957	7,401	10,058	12,889	15,870
0,25	0,279	1,825	3,831	6,149	8,706	11,454	14,362	0,76	0,995	2,802	4,980	7,427	10,085	12,919	15,900
0,26	0,291	1,843	3,852	6,174	8,732	11,482	14,392	0,77	1,011	2,822	5,003	7,452	10,113	12,948	15,931
0,28	0,304	1,861	3,874	6,198	8,759	11,510	14,422	0,78	1,026	2,842	5,026	7,478	10,140	12,977	15,961
0,29	0,316	1,879	3,896	6,223	8,786	11,539	14,452	0,79	1,042	2,863	5,050	7,504	10,168	13,006	15,992
0,30	0,328	1,897	3,918	6,247	8,812	11,567	14,482	0,80	1,058	2,883	5,073	7,529	10,196	13,035	16,022
0,31	0,341	1,916	3,940	6,272	8,839	11,595	14,511	0,81	1,074	2,903	5,096	7,555	10,223	13,064	16,053
0,32	0,354	1,934	3,962	6,297	8,866	11,624	14,541	0,82	1,090	2,924	5,120	7,581	10,251	13,093	16,083
0,33	0,366	1,952	3,984	6,321	8,892	11,652	14,571	0,83	1,106	2,944	5,143	7,607	10,278	13,123	16,114
0,34	0,379	1,971	4,006	6,346	8,919	11,681	14,601	0,84	1,122	2,964	5,167	7,632	10,306	13,152	16,144
0,35	0,392	1,989	4,028	6,371	8,946	11,709	14,631	0,85	1,138	2,985	5,190	7,658	10,334	13,181	16,175
0,36	0,405	2,008	4,050	6,395	8,972	11,738	14,661	0,86	1,154	3,005	5,214	7,684	10,361	13,210	16,206
0,37	0,418	2,026	4,072	6,420	8,999	11,766	14,691	0,87	1,171	3,026	5,237	7,710	10,389	13,240	16,236
0,38	0,431	2,045	4,094	6,445	9,026	11,795	14,721	0,88	1,187	3,046	5,261	7,736	10,417	13,269	16,267
0,39	0,444	2,064	4,116	6,469	9,053	11,823	14,751	0,89	1,203	3,067	5,284	7,761	10,444	13,298	16,298
0,40	0,458	2,082	4,139	6,494	9,080	11,852	14,781	0,90	1,220	3,088	5,308	7,787	10,472	13,327	16,328
0,41	0,471	2,101	4,161	6,519	9,107	11,880	14,811	0,91	1,236	3,108	5,331	7,813	10,500	13,357	16,359
0,42	0,484	2,120	4,183	6,544	9,133	11,909	14,841	0,92	1,252	3,129	5,355	7,839	10,528	13,386	16,390
0,43	0,498	2,139	4,205	6,569	9,160	11,937	14,871	0,93	1,269	3,150	5,379	7,865	10,556	13,416	16,420
0,44	0,511	2,158	4,228	6,594	9,187	11,966	14,901	0,94	1,286	3,171	5,402	7,891	10,583	13,445	16,451
0,45	0,525	2,176	4,250	6,619	9,214	11,995	14,931	0,95	1,302	3,191	5,426	7,917	10,611	13,474	16,482
0,46	0,539	2,195	4,272	6,643	9,241	12,023	14,961	0,96	1,319	3,212	5,450	7,943	10,639	13,504	16,512
0,47	0,553	2,214	4,295	6,668	9,268	12,052	14,991	0,97	1,336	3,233	5,474	7,969	10,667	13,533	16,543
0,48	0,566	2,233	4,317	6,693	9,295	12,081	15,021	0,98	1,353	3,254	5,498	7,995	10,695	13,562	16,574
0,49	0,580	2,252	4,340	6,718	9,322	12,109	15,052	0,99	1,369	3,275	5,521	8,021	10,723	13,592	16,605
0,50	0,594	2,272	4,362	6,743	9,349	12,138	15,082								

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

Определим толщину изоляции из строительных плит THERMIT SP ROLL для трубопровода диаметром 529 мм с температурой холодоносителя $t = -20^{\circ}\text{C}$. Трубопровод размещен в закрытом помещении с температурой окружающего воздуха $+18^{\circ}\text{C}$, с относительной влажностью воздуха 70%. Покровный слой – стеклопластик.

Исходные данные:

Расчетная температура окружающего воздуха $t_{ок} = +18^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность воздуха $\varphi = 70\%$.

Наружный диаметр трубопровода $d_n = 529$ мм.

Температура вещества в трубопроводе $t = -20^{\circ}\text{C}$.

Теплопроводность THERMIT SP ROLL $\lambda_{изд} = 0,030$ Вт/(м \cdot °C).

Решение.

1. Определим отношение d_k/d_n по таблице функций $\ln x$ (табл. 11) и формуле V.13:

$$\frac{d_k}{d_n} \ln \frac{d_k}{d_n} = \frac{2\lambda_{изд}}{\alpha_n d_n} \left(\frac{t_{ок}-t}{t_{ок}-t_k} - 1 \right).$$

Так как стеклопластик имеет высокий коэффициент излучения, то согласно табл. 2а принимаем коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух $\alpha_n = 7$ Вт/(м 2 ·°C).

По табл. 10 определим температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом: $(t_{ок} - t_k) = 5,4^{\circ}\text{C}$. Таким образом,

$$\frac{d_k}{d_n} \ln \frac{d_k}{d_n} = \frac{2\lambda_{изд}}{\alpha_n d_n} \left(\frac{t_{ок}-t}{t_{ок}-t_k} - 1 \right) = \frac{2 \cdot 0,030}{7 \cdot 0,529} \left(\frac{18 - (-20)}{5,4} - 1 \right) = 0,098.$$

По таблице функции $x \ln x$ (табл. 11) определим значение отношения $d_k/d_n = 1,094$.

2. Определим толщину изоляционного слоя для цилиндрических поверхностей ($d_n \leq 2$ м) по формуле (V.12):

$$\delta_{изд} = d_n / 2 (d_k/d_n - 1) = 0,529 / 2 (1,094 - 1) = 0,025 \text{ м.}$$

Согласно ассортименту принимаем наиболее подходящую толщину изоляции – 30 мм.

Х. Расчетный алгоритм определения толщины изоляционного слоя для резервуаров

Расположение резервуаров может быть как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе.

1. Расчет толщины теплоизоляции в закрытых помещениях ведется по недопущению появления конденсации влаги из воздуха на поверхности изоляции.

Расчетная толщина изоляции определяется для плоских конструкций, диаметр резервуара превышает 2 м и определяется по формуле:

$$\delta_{\text{изд}} = \lambda_{\text{изд}} / \alpha_{\text{н}} [(t_{\text{ок}} - t) / (t_{\text{ок}} - t_{\text{к}}) - 1]; \text{ (VI.21)}$$

где $\lambda_{\text{изд}}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°С), определяемая по табл. 5;
 $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух, Вт/(м²·°С), определяемый по табл. 2а;
 $t_{\text{ок}}$ – температура окружающего воздуха, °С;
 t – температура вещества (жидкости) в трубопроводе или оборудовании, °С;
 $(t_{\text{ок}} - t_{\text{к}})$ – температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом, °С, определяется по табл. 10.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

Определим толщину изоляции из строительных плит THERMIT SP ROLL для резервуара из оцинкованной стали диаметром 5 м с температурой воды $t = +5^\circ\text{C}$. Резервуар размещен в закрытом помещении с температурой окружающего воздуха $+25^\circ\text{C}$, с относительной влажностью воздуха 60%.

Исходные данные:

Расчетная температура окружающего воздуха $t_{\text{ок}} = +25^\circ\text{C}$.
Относительная влажность воздуха $\varphi = 60\%$.
Наружный диаметр трубопровода $d_{\text{н}} = 5\text{ м}$.
Температура вещества в трубопроводе $t = +5^\circ\text{C}$.
Теплопроводность THERMIT SP ROLL $\lambda_{\text{изд}} = 0,030 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$.

Решение.

1. Расчетную толщину изоляции определяем по формуле (VI.21):

$$\delta_{\text{изд}} = \lambda_{\text{изд}} / \alpha_{\text{н}} [(t_{\text{ок}} - t) / (t_{\text{ок}} - t_{\text{к}}) - 1].$$

Температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом определяем по табл. 10, $(t_{\text{ок}} - t_{\text{к}}) = 8,1^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух определяем по табл. 2а, $\alpha_{\text{н}} = 5,2 + 0,06 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{ок}}) = 5,2 + 0,06 \cdot (-8,1) = 4,71 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$.

Таким образом,

$$\delta_{\text{изд}} = \lambda_{\text{изд}} / \alpha_{\text{н}} [(t_{\text{ок}} - t) / (t_{\text{ок}} - t_{\text{к}}) - 1] = 0,03 / 4,71 [(25 - 5) / 8,1 - 1] = 0,0094 \text{ м} = 9,4 \text{ мм}.$$

Согласно ассортименту принимаем наиболее подходящую толщину изоляции – 12,5 мм.

2. Расчет толщины теплоизоляции на открытом воздухе ведется по заданной или нормативной плотности теплового потока.

Расчетная толщина изоляции для цилиндрического оборудования наружным диаметром более 1420 мм или плоской поверхности определяется по формуле:

$$\delta_{\text{изд}} = \lambda_{\text{изд}} \left[(t - t_{\text{н}}) / q - 1 / \alpha_{\text{н}} \right]; \text{ (VI.22)}$$

где $\lambda_{\text{изд}}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°С), определяемая по табл. 5;
 $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух, Вт/(м²·°С), определяемый по табл. 2а;
 $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха с обеспеченностью 0,92, определяемая по табл. 7, °С;
 t – температура вещества (жидкости) в оборудовании, °С;
 q – плотность теплового потока, Вт/м², определяется согласно заданию на проектирование либо по табл. 12.

В случае, если известен тепловой поток оборудования (Q , Вт), плотность теплового потока определяется следующим образом:

$$q = Q / F K_{\text{п}}; \text{ (VI.23)}$$

где $K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительный тепловой поток через опоры и подвески, определяется по табл. 3;

Q – тепловой поток через изолированную поверхность, Вт;
 F – поверхностная площадь изолируемого объекта, м².

Таблица 12. Нормы плотности теплового потока оборудования, расположенного на открытом воздухе, Вт/м².

Число часов работы оборудования	Температура теплоносителя, t, °C													
	-50	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40	+50	+60	+70	+80
5000 и менее	13	13	12,5	12	12	11	15	19	24,3	29,7	35	38,8	42,6	46,4
Более 5000	13	13	12,5	12	12	11	13	15	19	23	27	29,8	32,6	35,4

Примечание

1. Промежуточные значения норм плотности теплового потока следует определять интерполяцией.
2. Таблица составлена согласно данным СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

Определим толщину изоляции из строительных плит THERMIT SP ROLL для резервуара из оцинкованной стали диаметром 5 м с температурой воды t=+5°C. Резервуар размещен на открытом воздухе в г. Красноярске. Время работы оборудования – 8000 ч.

Исходные данные:

- Расчетная температура окружающего воздуха $t_n = -40^\circ\text{C}$ (табл.7).
- Наружный диаметр резервуара $d_n = 5$ м.
- Температура воды в резервуаре $t = +5^\circ\text{C}$.
- Теплопроводность THERMIT SP ROLL $\lambda_{изд} = 0,030$ Вт/(м·°C).

Решение.

Расчетную толщину изоляции определяем по формуле (VI.22):

$$\delta_{изд} = \lambda_{изд} \left[\frac{(t - t_n)}{q} - 1/\alpha_n \right].$$

Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающий воздух определяем по табл.2а, $\alpha_n = 35$ Вт/(м²·°C).

Плотность теплового потока определяем по табл. 12, $q = 12$ Вт/м².

Таким образом, $\delta_{изд} = \lambda_{изд} \left[\frac{(t - t_n)}{q} - 1/\alpha_n \right] = 0,030 \left[\frac{(5 - (-40))}{12} - 1/35 \right] = 0,113$ м = 113 мм.

XI. Расчетный алгоритм определения толщины изоляции ограждений холодных установок по заданному коэффициенту теплопередачи

В холодильных камерах изоляция является частью строительного ограждения: наружных или внутренних стен, перегородок, междуэтажных, чердачных или бесчердачных перекрытий, а также полов по грунту, — поэтому расчет такой изоляции выполняется с учетом всех элементов, составляющих ограждение.

Толщину теплоизоляционного слоя определяют по формуле:

$$\delta_{изд} = \lambda_{изд} \left[1/\mathcal{K} - \left(\sum \delta_{c,i} / \lambda_{c,i} + 1/\alpha_n + 1/\alpha_b \right) \right]; \text{ (VII.11)}$$

где $\lambda_{изд}$ – теплопроводность изоляционного слоя, Вт/(м·°C), определяемая по табл. 5; \mathcal{K} – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·°C), определяемое по табл. 14-17 или согласно заданию на проектирование;

- $\delta_{c,i}$ – толщина i-того слоя материала ограждающей конструкции, м;
- $\lambda_{c,i}$ – теплопроводность i-того слоя материала ограждающей конструкции, Вт/(м·°C);
- α_b – коэффициент теплоотдачи от воздуха с более теплой стороны ограждения к поверхности ограждения, Вт/(м²·°C), определяемый по табл.13;
- α_n – коэффициент теплоотдачи от поверхности ограждения с более холодной стороны к окружающему воздуху, Вт/(м²·°C), определяемый по табл.13.

Коэффициент теплопередачи (\mathcal{K} , Вт/(м²·°C)) между охлаждаемыми и отапливаемыми помещениями должен быть не более вычисленного по формуле:

$$\mathcal{K} = (0,95 \alpha_b \Delta t_{max}) / (t_b - t_n); \text{ (VII.12)}$$

где α_b – коэффициент теплоотдачи от воздуха с более теплой стороны ограждения к поверхности ограждения, Вт/(м²·°C), определяемый по табл.13;

- t_b – температура воздуха в более теплом помещении, °C;
- t_n – температура воздуха в более холодном помещении, °C;
- $\Delta t_{max} = (t_{ок} - t_{к})$ – температурный перепад между поверхностью изоляции и окружающим воздухом, °C, определяется по табл.10.

Таблица 13. Расчетные значения коэффициента теплоотдачи для различных видов ограждения, Вт/(м²·°С).

Вид ограждения	Коэффициент теплоотдачи
Наружная поверхность: стен и бесчердачных перекрытий	23
чердачных перекрытий	12
Внутренняя поверхность стен: охлаждаемых помещений	8
отапливаемых помещений	8,7
Поверхность потолков охлаждаемых и отапливаемых помещений, имеющих кессоны	7
Поверхность пола более теплой камеры при расположении над ней холодной камеры	7
Поверхность пола холодной камеры при расположении над ней более теплой камеры	6
Поверхность потолка, стен и пола при: умеренной циркуляции воздуха (камеры хранения охлажденных грузов)	9,3
интенсивной циркуляции воздуха (морозилки, камеры предварительного охлаждения, остывочные)	10,5

Таблица 14. Расчетный коэффициент теплоотдачи для наружных ограждений холодильников, Вт/(м²·°С).

Вид ограждения	Температура воздуха в охлажденном помещении, °С	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·°С), для разных районов строительства со среднегодовой температурой наружного воздуха, °С		
		от 0 и ниже	1...8	от 9 и выше
Стены	-40...-30	0,22	0,20	0,16
	-20...-18	0,28	0,23	0,20
	-15...-10	0,34	0,29	0,23
	-4	0,41	0,35	0,27
	0	0,47	0,40	0,30
	4	0,47	0,47	0,34
	12	0,58	0,52	0,47
Покрытия	-40...-30	0,20	0,14	0,15
	-20...-18	0,23	0,21	0,17
	-15...-10	0,29	0,26	0,21
	-4	0,35	0,29	0,24
	0	0,41	0,35	0,29
	4	0,47	0,41	0,35
	12	0,58	0,52	0,47

Примечание

1. Коэффициенты теплопередачи чердачных покрытий увеличиваются на 10% против бесчердачных.

2. Коэффициенты теплопередачи стен охлаждаемых камер при примыкании к ним неотапливаемых помещений принимаются как для наружных стен, а для камер с нулевыми и положительными температурами при примыкании отапливаемых помещений – не более 0,41.

Таблица 15. Расчетный коэффициент теплоотдачи для внутренних стен, перегородок и междуэтажных перекрытий, Вт/(м²·°С).

Температура воздуха в смежном помещении, °С	Коэффициент при температуре воздуха в охлаждаемом помещении, °С									
	-40	-30	-25...-23	-20...-18	-15	-10	-4	0	4	12
-30	0,47	0,58	0,47	0,41	0,35	0,29	0,26	0,23	0,23	0,21
-25...-23	0,41	0,47	0,58	0,47	0,41	0,35	0,33	0,29	0,26	0,23
-20...-18	0,35	0,41	0,47	0,58	0,52	0,41	0,35	0,33	0,28	0,26
-15	0,35	0,35	0,41	0,52	0,58	0,52	0,41	0,35	0,35	0,28
-10	0,29	0,29	0,35	0,41	0,52	0,58	0,52	0,47	0,41	0,35
-4	0,23	0,26	0,33	0,35	0,41	0,52	0,58	0,52	0,47	0,41
0	0,21	0,23	0,29	0,33	0,35	0,47	0,52	0,58	0,58	0,64
4	0,21	0,23	0,26	0,28	0,35	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70
12	0,19	0,21	0,23	0,26	0,35	0,35	0,41	0,47	0,58	0,76
18	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,35	0,41	0,58	0,81

Примечание

1. Приведенные коэффициенты теплопередачи действительны для относительной влажности воздуха 85%. При большей влажности воздуха коэффициент теплопередачи ограждения должен быть проверен на конденсацию влаги с теплой стороны.

2. Коэффициент теплопередачи перегородок, а также междуэтажных перекрытий между смежными камерами с одинаковой температурой и при разности температур менее 4°С принимается не более 0,58.

Таблица 16. Расчетный коэффициент теплопередачи для ограждающих конструкций, отделяющих охлаждаемые помещения от неохлаждаемых тамбуров, вестибюлей, коридоров и пр., Вт/(м²·°С).

Температура воздуха в помещении, °С	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·°С), для смежных помещений	
	сообщающихся с наружным воздухом	не сообщающихся с наружным воздухом
-40	0,24	0,26
-30	0,27	0,29
-20...-16	0,28	0,41
-15...-10	0,33	0,47
-4	0,35	0,52
0	0,41	0,58
4	0,47	0,58
12	0,58	0,58

Таблица 17. Коэффициент теплопередачи изолированных полов на грунте, Вт/(м²·°С).

Температура воздуха в помещении, °С	0...-4	-15...-10	-20...-18	-40...-30
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·°С)	0,41	0,29	0,23	0,21

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА

Определим толщину изоляции из строительных плит THERMIT SP для перегородки из кирпичной стены толщиной 120 мм, разделяющей холодильную камеру и отапливаемое помещение. Температура воздуха в камере $t_{\text{в}} = -15^{\circ}\text{C}$, температура воздуха с теплой стороны $t_{\text{н}} = 20^{\circ}\text{C}$, расчетная относительная влажность $\varphi = 75\%$. Поверхность изоляции оштукатуривается на толщину 10 мм.

Исходные данные:

- Температура воздуха в камере $t_{\text{в}} = -15^{\circ}\text{C}$.
- Расчетная температура воздуха с теплой стороны $t_{\text{н}} = 20^{\circ}\text{C}$.
- Расчетная относительная влажность $\varphi = 75\%$.
- Теплопроводность THERMIT SP $\lambda_{\text{изд}} = 0,030 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.
- Конструкция стены:
 1. Кирпичная кладка – 120 мм, $\lambda_{\text{кир}} = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.
 2. Строительная плита THERMIT SP.

Штукатурка – 10 мм, $\lambda_{\text{штуп}} = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$

Решение.

Определим коэффициенты теплоотдачи по табл. 15: $\alpha_{\text{в}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$; $\alpha_{\text{н}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$.
 Определим коэффициент теплопередачи ограждения \mathcal{K} по табл. 15: $\mathcal{K}_{\text{расч}} = 0,26 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$.

Проверим найденное значение \mathcal{K} по формуле (VII. 12):

$$\mathcal{K}_{\text{расч}} \leq \mathcal{K} = \frac{(0,95\alpha_{\text{в}}\Delta t_{\text{max}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})} = \frac{(0,95 \cdot 8 \cdot 4,5)}{(20 - (-15))} =$$

$$0,98 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}).$$

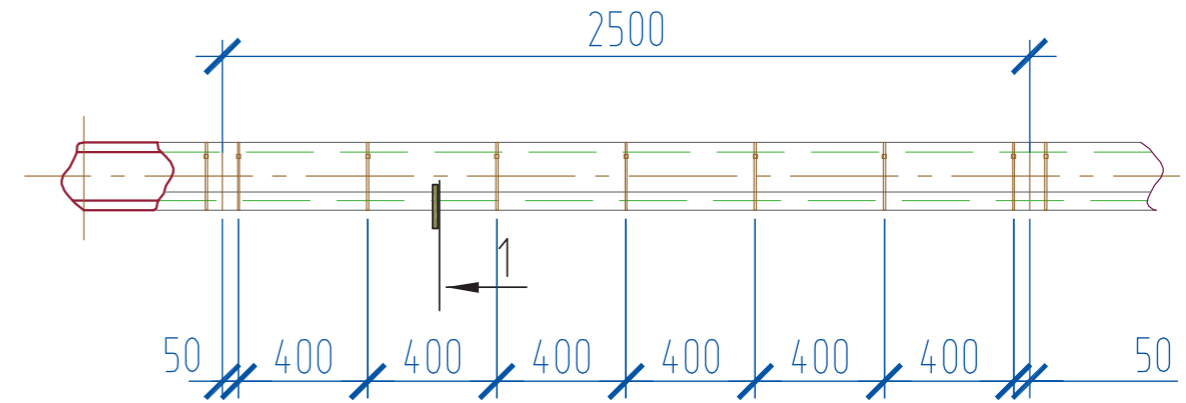
Определим толщину теплоизоляционного слоя по формуле (VII. 11):

$$\delta_{\text{изд}} = \lambda_{\text{изд}} \left[\frac{1}{\mathcal{K}} - \left(\sum \frac{\delta_{\text{с.и}}}{\lambda_{\text{с.и}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right] = 0,03 \left[\frac{1}{0,26} - \left(\frac{0,12}{0,7} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{1}{8,7} + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,103 \text{ м.}$$

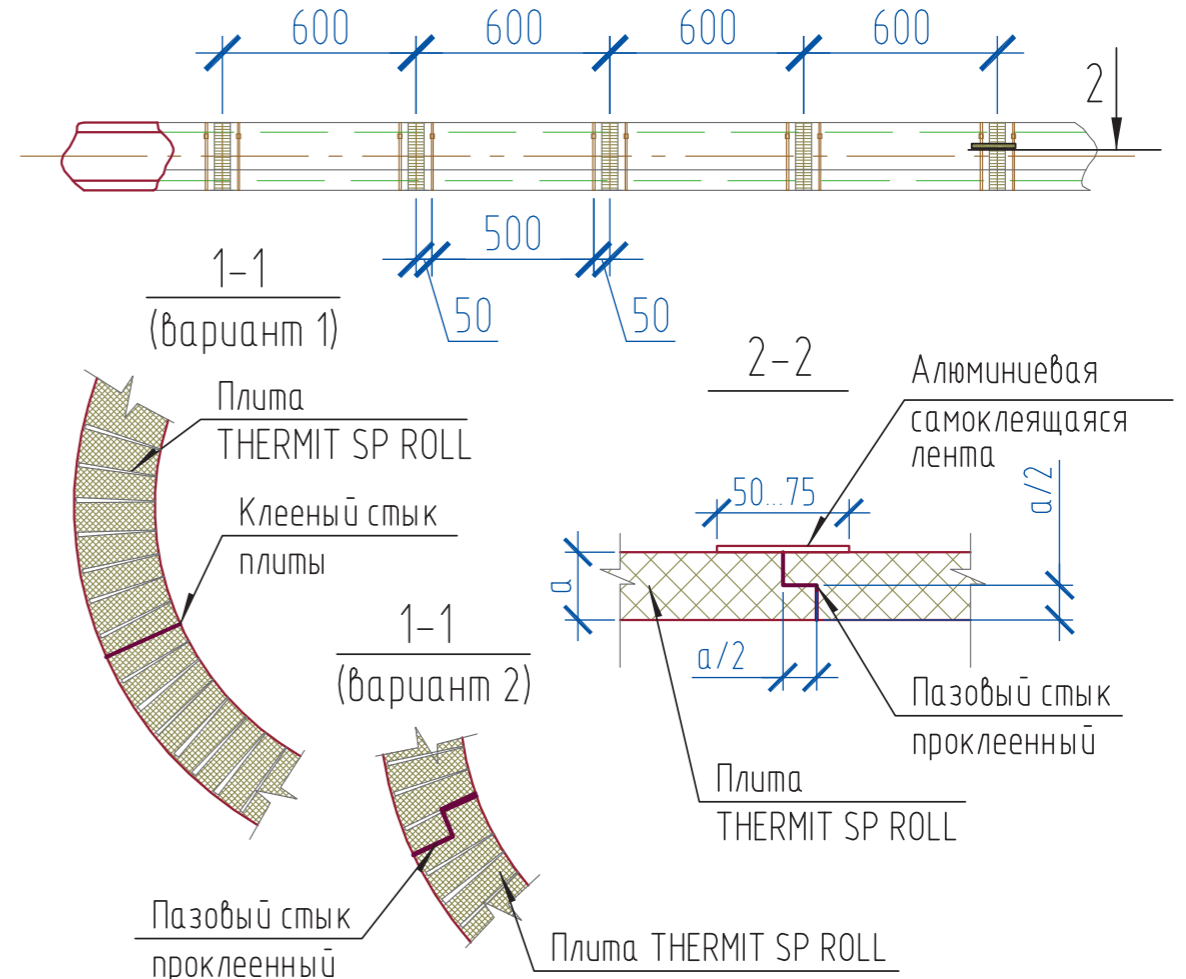
Согласно ассортименту принимаем наиболее подходящую толщину изоляции – 110 мм.

ХИ. УЗЛЫ

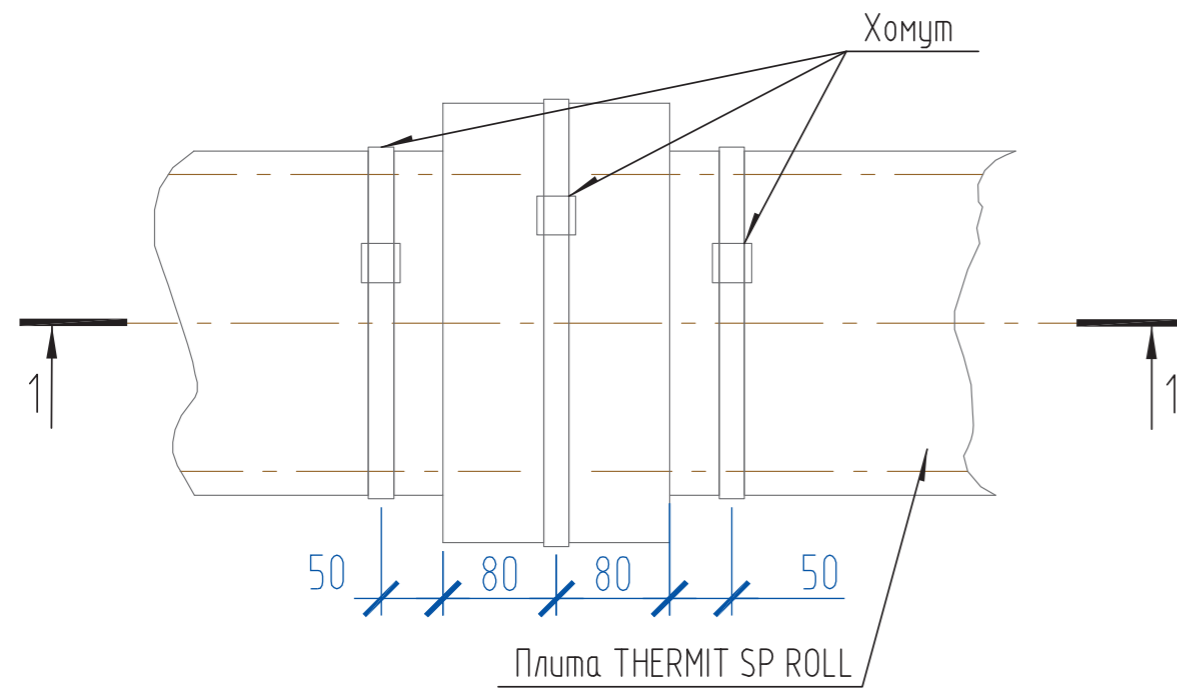
Изоляция трубопровода плитами THERMIT SP ROLL с продольным расположением



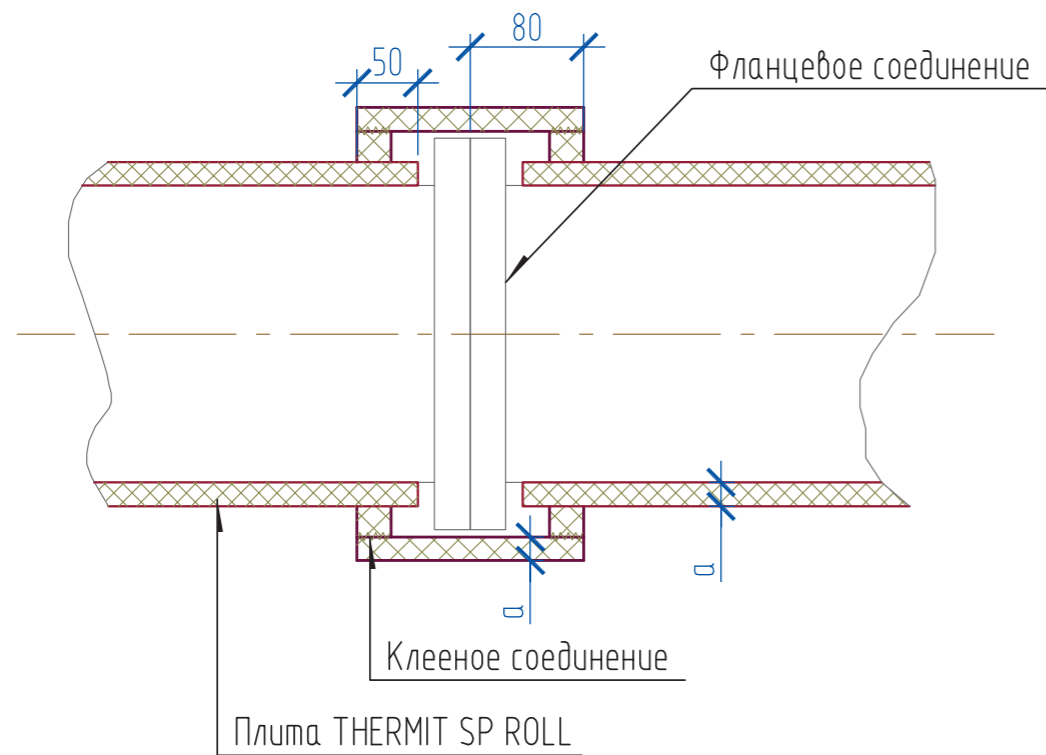
Изоляция трубопровода плитами THERMIT SP ROLL с поперечным расположением



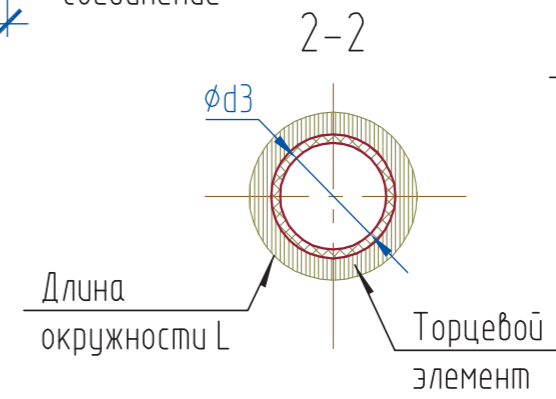
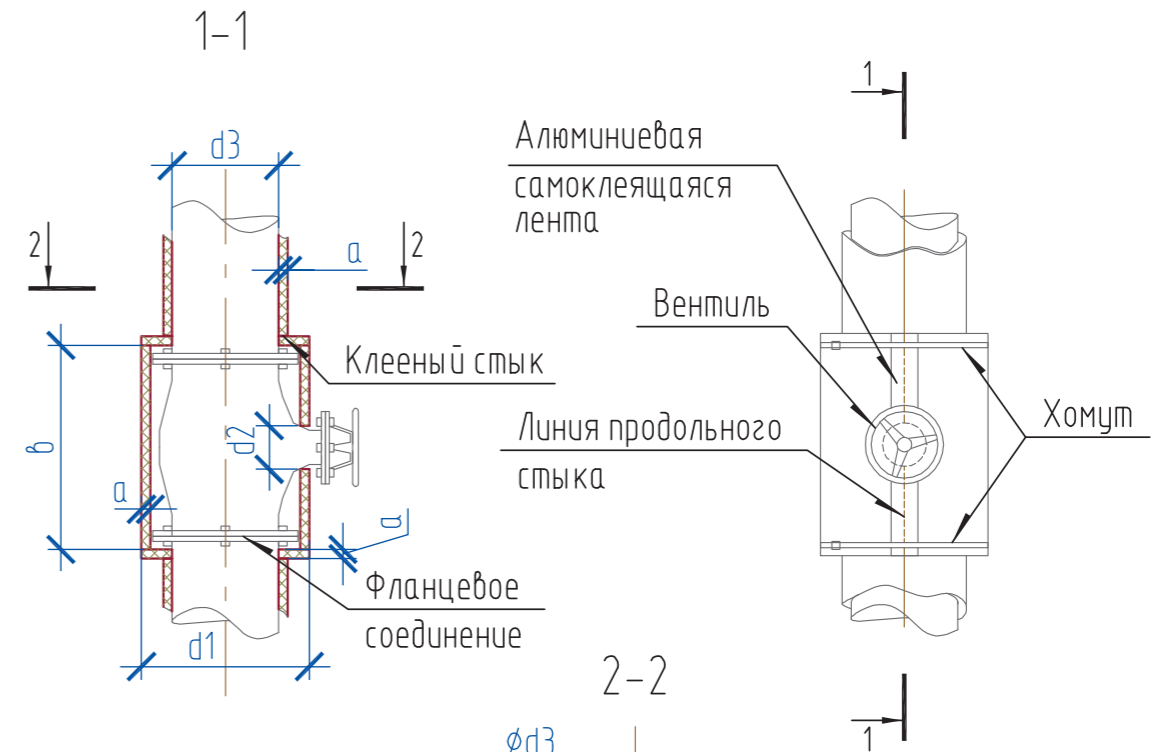
Изоляция фланцевого соединения



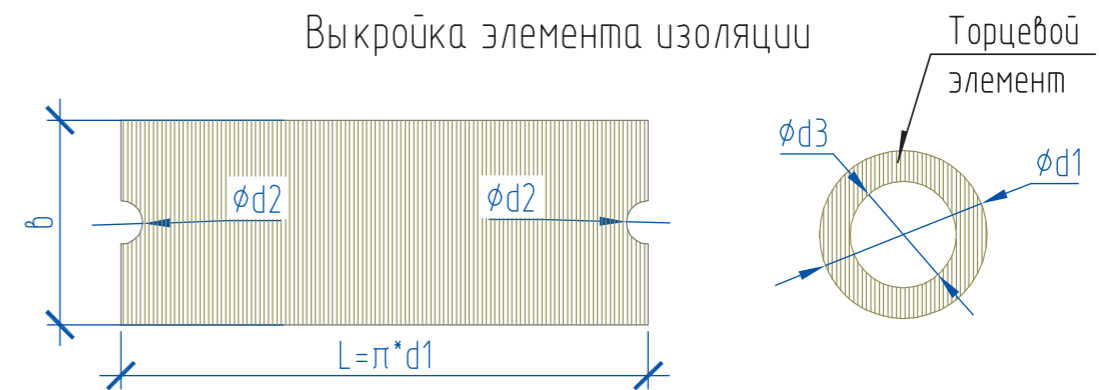
1-1



Изоляция вентиля плитами THERMIT SP ROLL



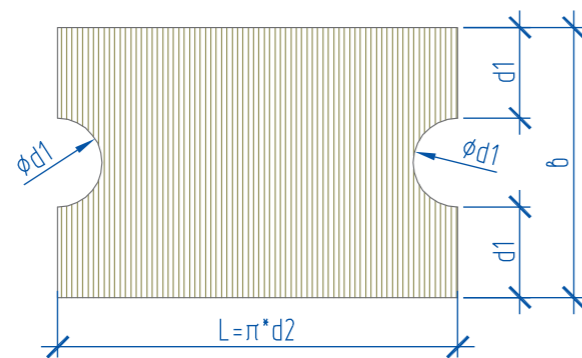
Выкройка элемента изоляции



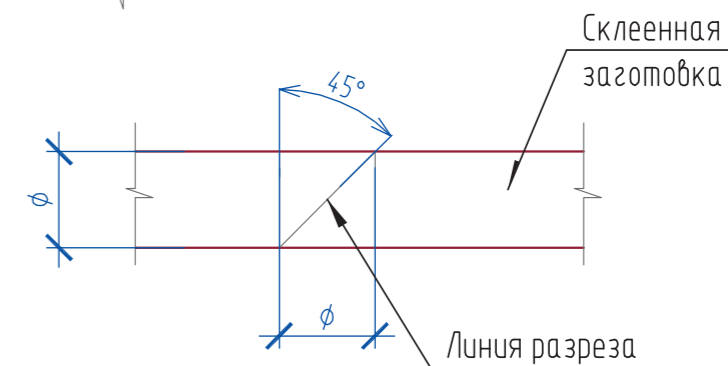
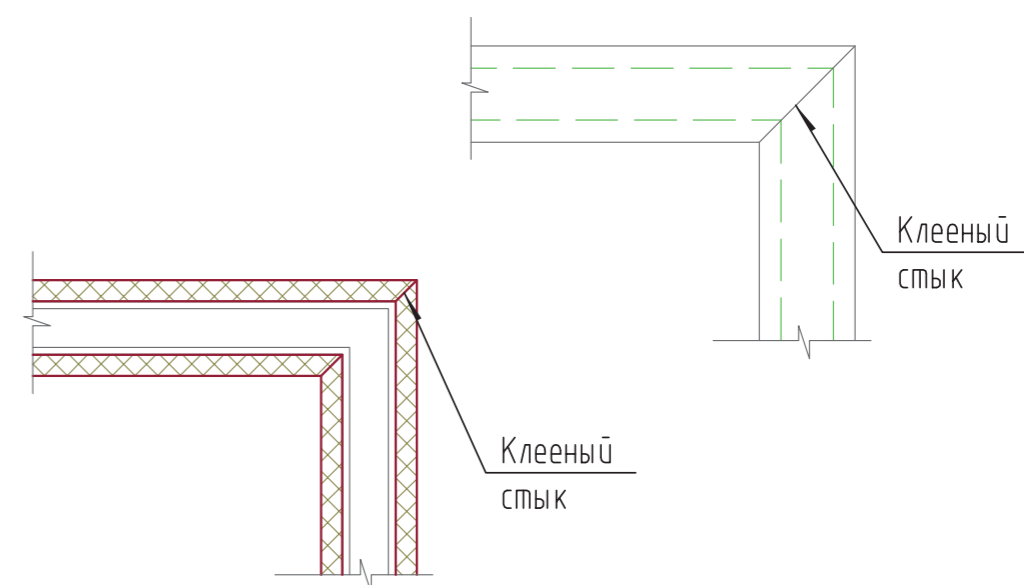
Изоляция тройников, муфт вентиляей, труб и раструбов плитами THERMIT SP ROLL



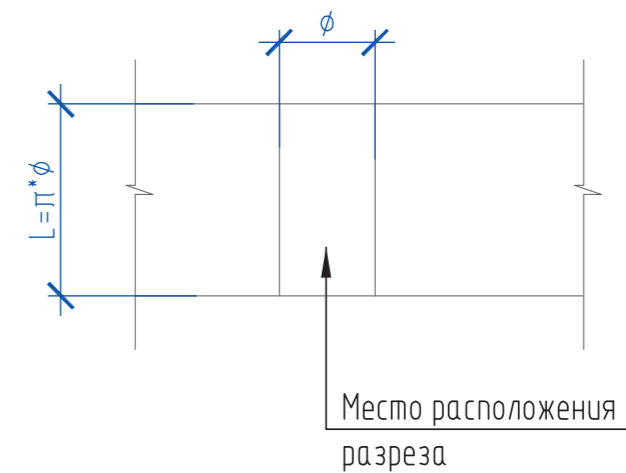
Выкройка элемента изоляции



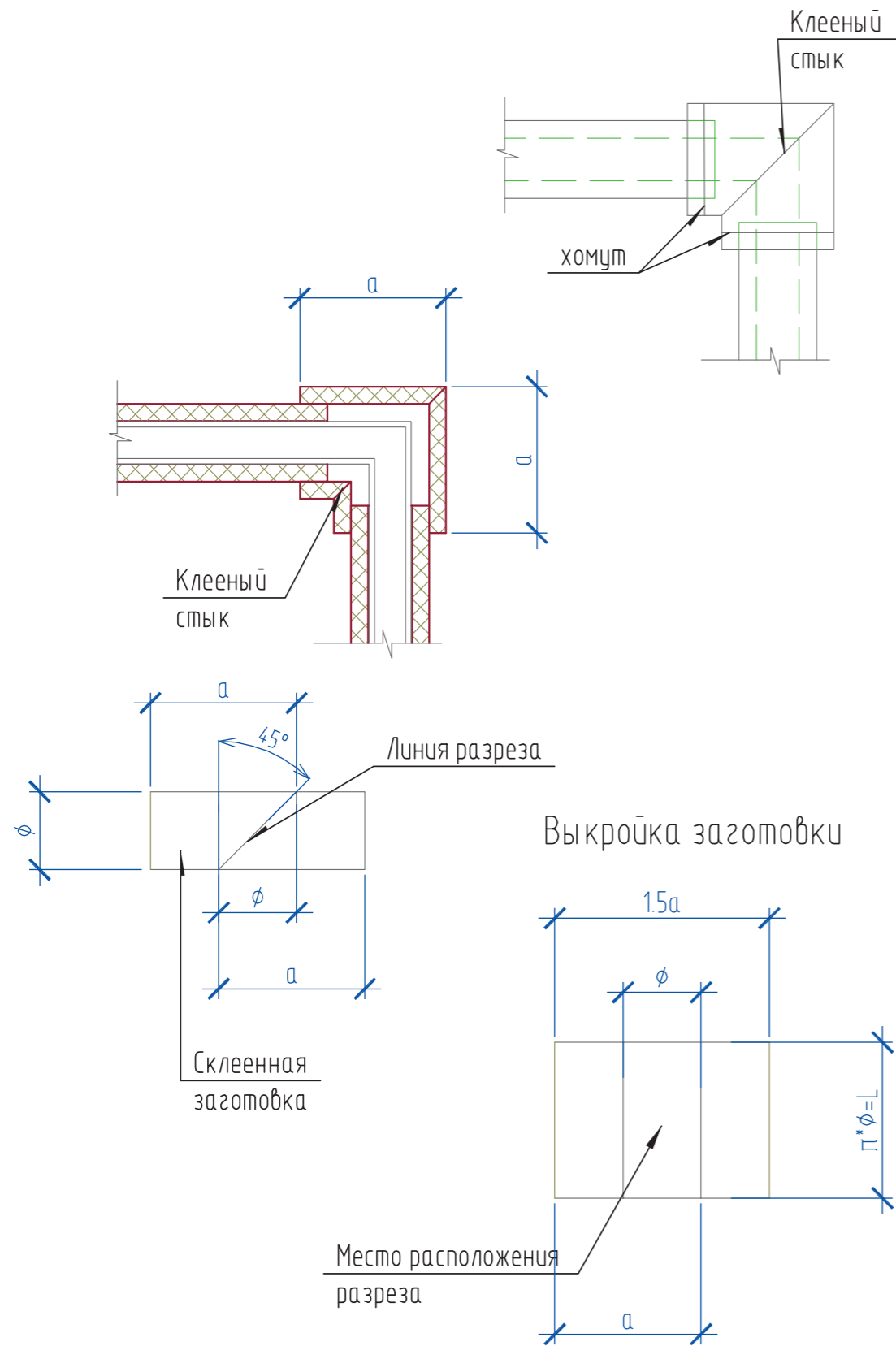
Выполнение колена под углом 90° из плиты THERMIT SP ROLL (вариант 1)



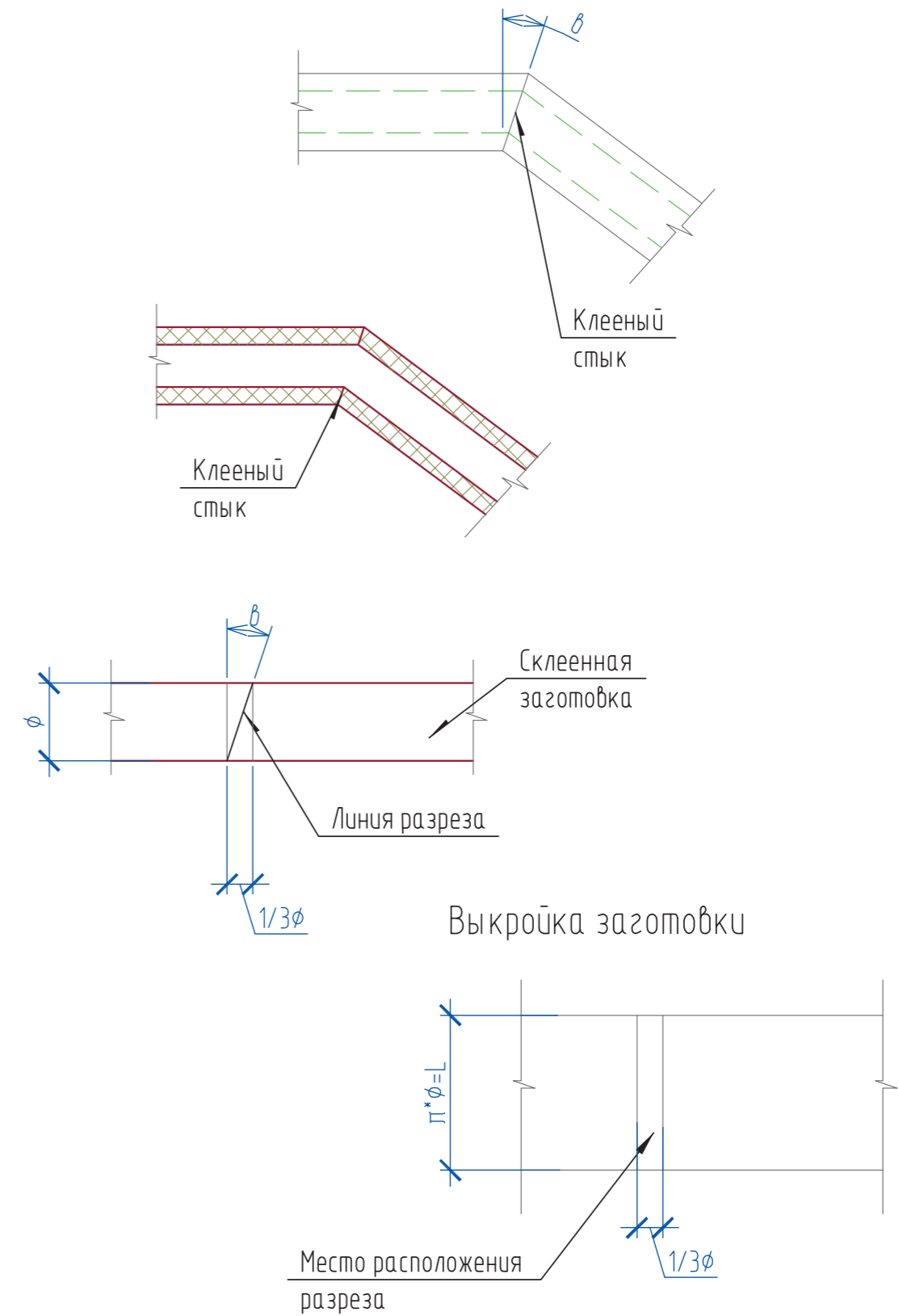
Выкройка заготовки



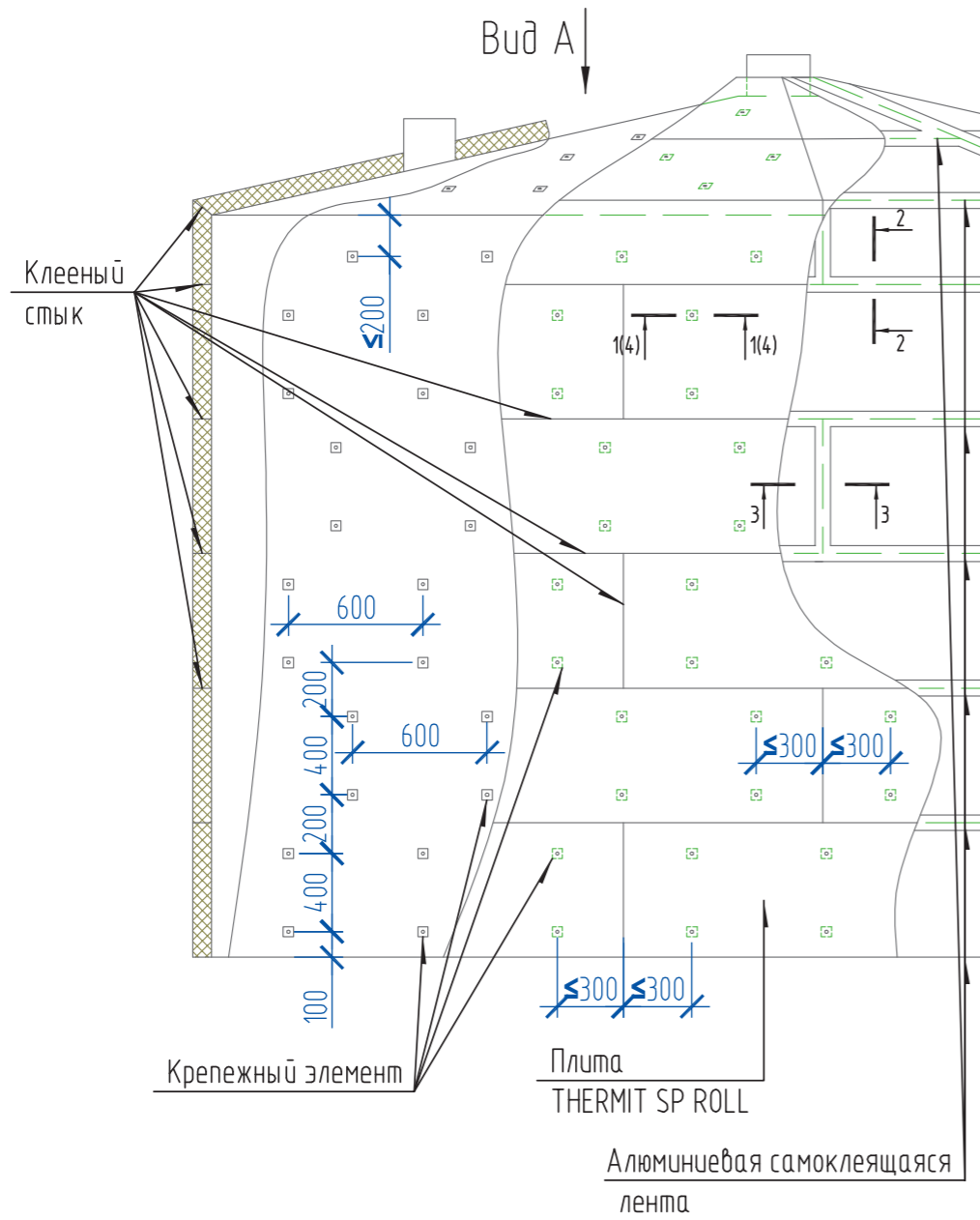
Выполнение колена под углом 90°
из плиты THERMIT SP ROLL (вариант 2)



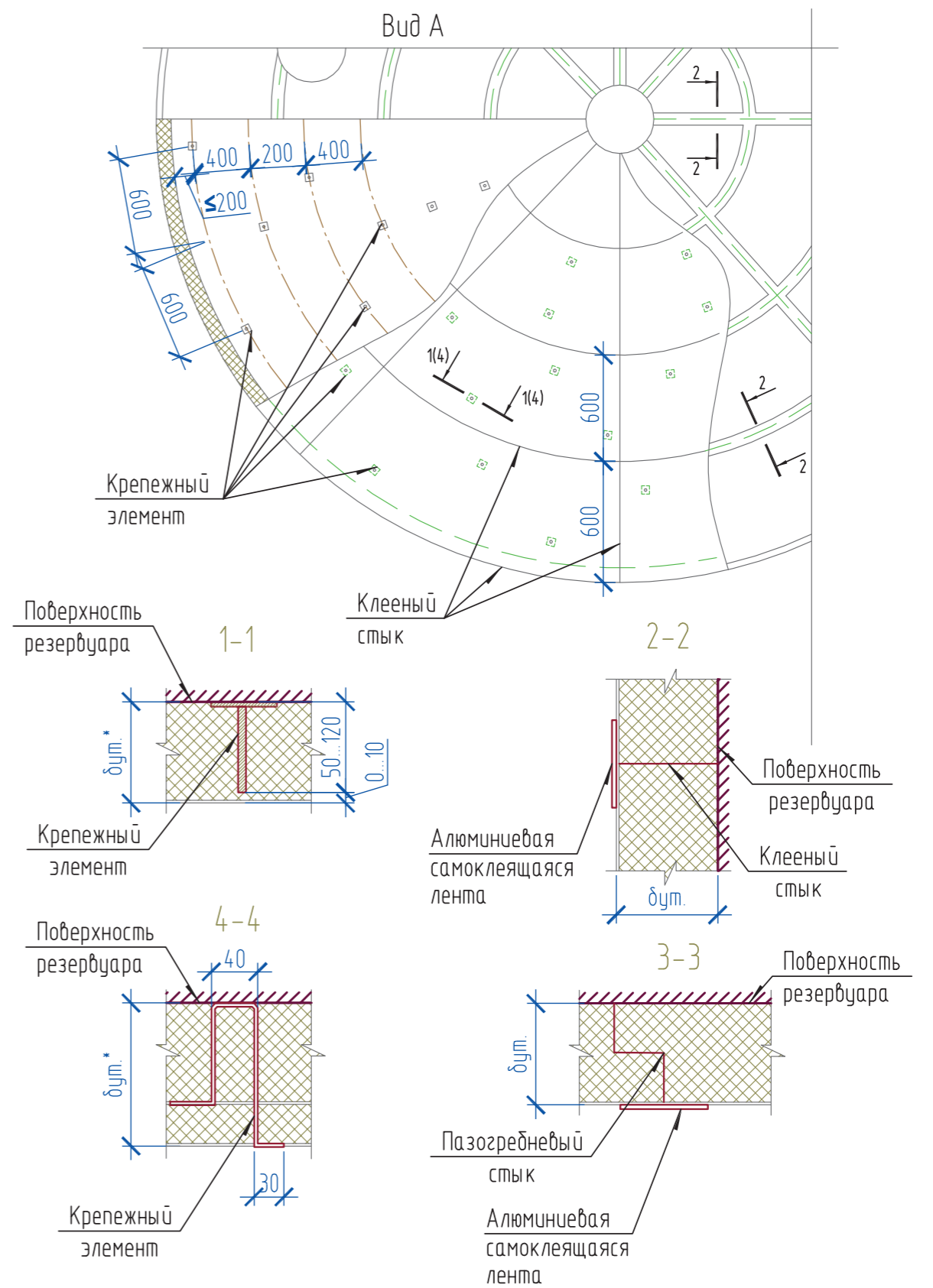
Выполнение колена под произвольным углом
из плиты THERMIT SP ROLL



Изоляция резервуара для холодной воды плитами THERMIT SP ROLL, без дополнительного наружного покрытия

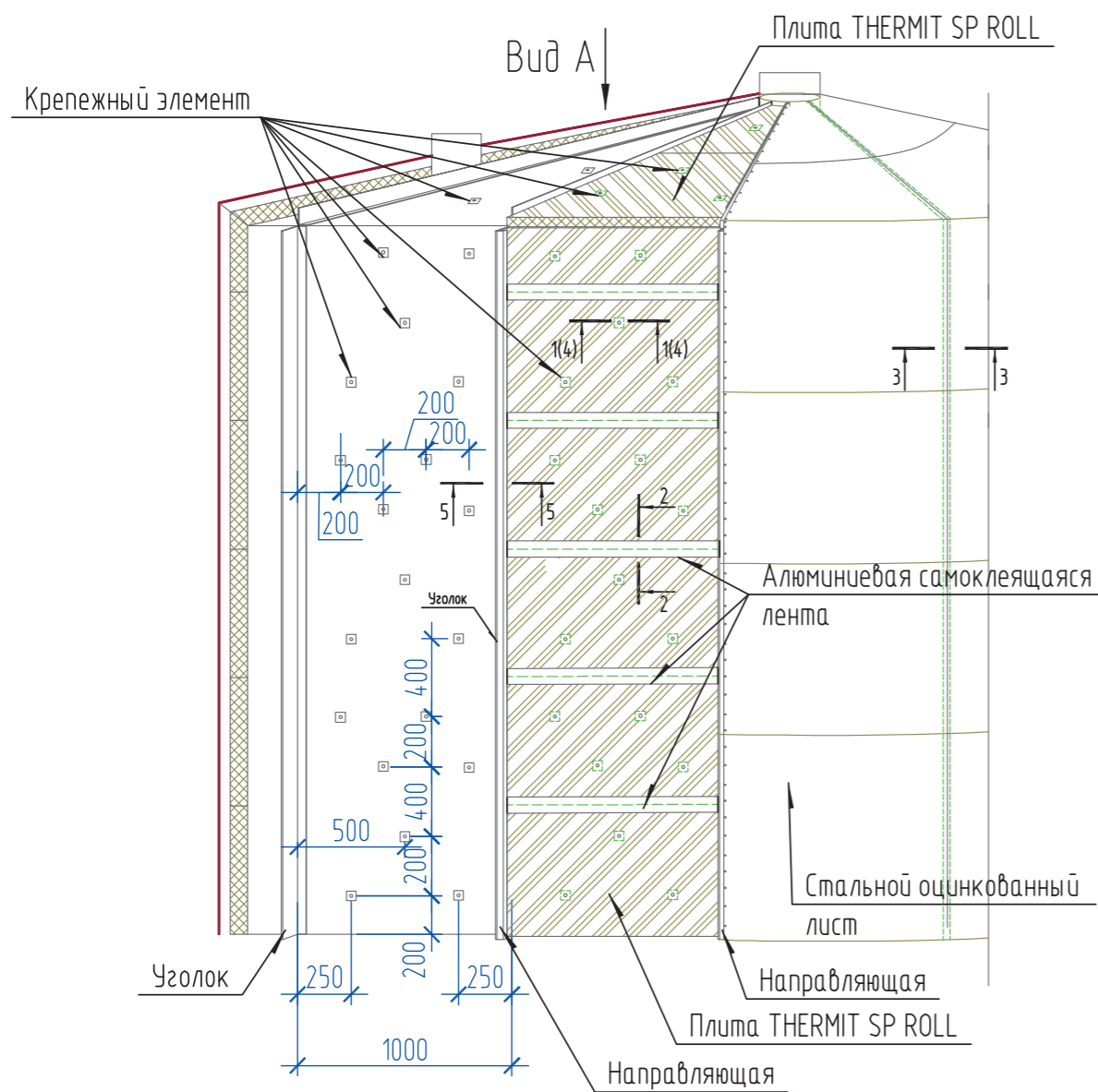


1. Если в качестве наружного покрытия планируется штукатурка, швы закреплять, проклеивая полимерной сеткой (вместо алюминиевой самоклеящейся пленки).

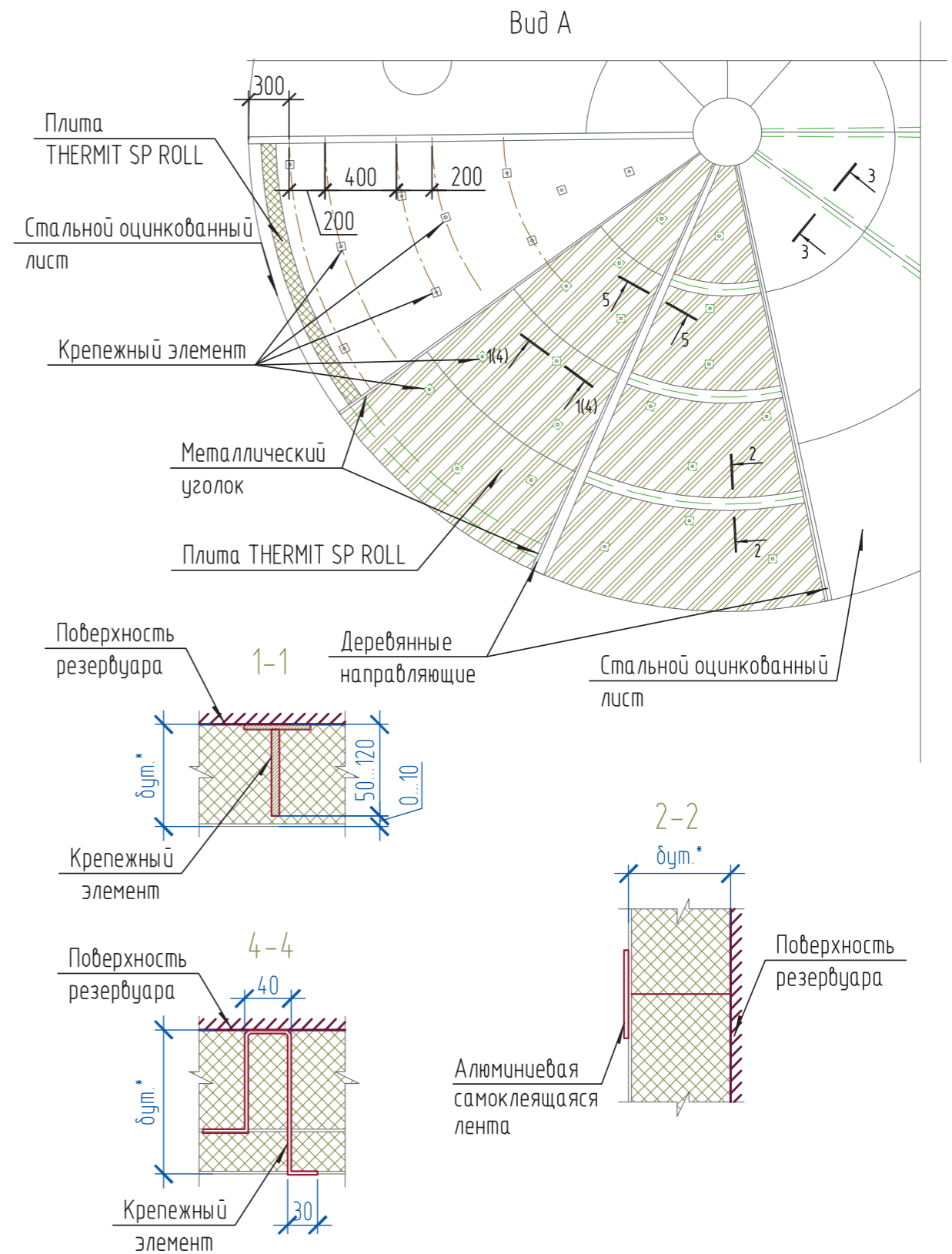


* - если требуемая толщина утеплителя более 120 мм, то утеплитель крепится в два слоя и применяется П-образный крепежный элемент.

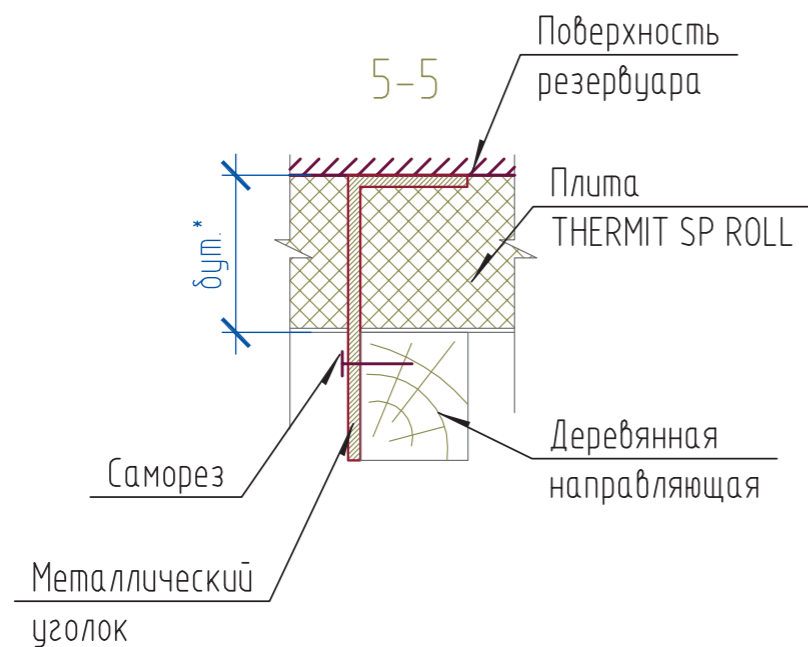
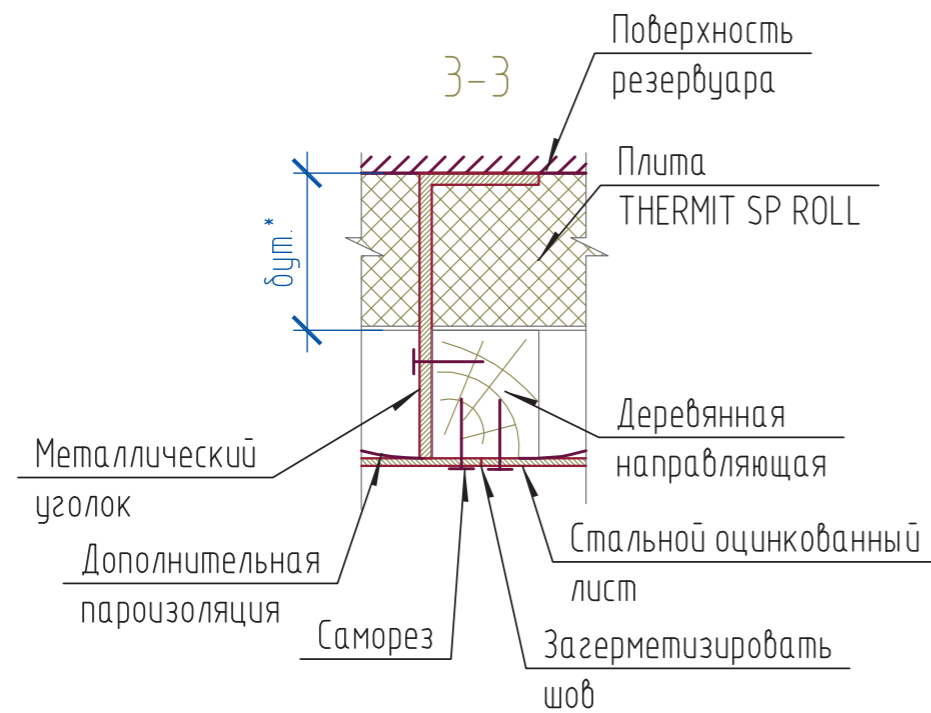
Изоляция резервуара для холодной воды плитами THERMIT SP ROLL, с дополнительным наружным покрытием



1. К резервуару приварить уголки, с шагом 1000 мм по периметру.
2. Уголок подбирается индивидуально, его длина зависит от требуемой толщины утеплителя.
3. Между уголками закрепить крепежные элементы.
4. Начиная снизу, установить и закрепить плиты THERMIT SP ROLL (если устанавливается 2-а слоя, то установить только нижний). Плиты устанавливать вплотную, не допуская образования щелей.
5. На уголки закрепить деревянные направляющие (при изоляции в два ряда после установки направляющих установить второй слой изоляции).
6. Заизолировать швы между плитами.
7. По направляющим закрепить слой пароизоляции и стальной оцинкованный лист.
8. Стыки оцинкованных листов заизолировать герметиком.



* - если требуемая толщина утеплителя более 120 мм, то утеплитель крепится в два слоя и применяется П-образный крепежный элемент.



* – если требуемая толщина утеплителя более 120мм, то утеплитель крепится в два слоя. Первый укладывается под деревянной направляющей, а второй — в плоскости между направляющими.

XIII. Сертификаты

Сертификация строительных плит не является обязательной, однако THERMIT инициировал проведение добровольной сертификации строительных плит. 25 августа 2010 года строительные плиты THERMIT SP сертифицированы как соответствующие ТУ 2244-002-53631350-2010 для применения в качестве конструкционного, отделочного и теплоизоляционного материала при ремонте и строительстве жилых, общественных и производственных зданий и сооружений.



Сертификат соответствия
№ PCC RU.B081.PP29.0057



Сертификат пожарной безопасности
№ С-RU.ПБ21.В.00203 ТР 0647765



Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 24.49.31.000.Т.000567.09.10

